

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Optimalizace portfolia dle prospektové teorie a teorie očekávaného užitku
Portfolio Optimization according to Prospect Theory and Expected Utility Theory

Student:

Bc. Andrea Ducarová

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Andrea Ducarová**
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Téma: Optimalizace portfolia dle prospektové teorie a teorie očekávaného
užitku
Portfolio Optimization According to Prospect Theory and Expected
Utility Theory

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
 2. Charakteristika kapitálového trhu a finančních aktiv
 3. Popis a metodologie teorie očekávaného užitku a prospektové teorie
 4. Aplikace vybraných teorií na optimalizaci akciového portfolia
 5. Závěr
- Seznam použité literatury
Seznam zkratk
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Seznam příloh
Přílohy


Seznam doporučené odborné literatury:

FABOZZI F., S. FOCARDI and P. KOLM. *Financial Modeling of the Equity Market: From CAPM to Cointegration*. Hoboken: Wiley, 2006. 651 s. ISBN 0-471-69900-4.
KAHNEMAN, Daniel. *Myšlení rychlé a pomalé*. Brno: Jan Melvil, 2012. 542 s. ISBN 978-80-87270-42-4.
MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2011. 520 s. ISBN 978-80-86929-70-5.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal**

Datum zadání: 20.11.2015
Datum odevzdání: 22.04.2016

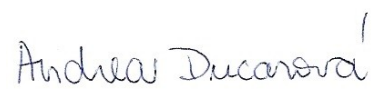

Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracovala samostatně.“

V Ostravě dne 22. 4. 2016

Handwritten signature of Andrea Ducarová in blue ink.

Bc. Andrea Ducarová

Poděkování

Mockrát děkuji panu prof. Dr. Ing. Zdeňkovi Zmeškalovi za ochotu, věcné připomínky a pomoc při zpracování mé diplomové práce.

Obsah

1	Úvod	5
2	Charakteristika kapitálového trhu a finančních aktiv	6
2.1	Finanční trh	6
2.1.1	Kapitálový trh	7
2.1.2	Finanční rizika	8
2.1.3	Dohled na českém kapitálovém trhu	11
2.2	Finanční aktiva	13
2.2.1	Dluhopis	13
2.2.2	Akcie	14
2.2.3	Finanční deriváty	16
2.3	Burzovní trhy cenných papírů	17
2.3.1	Burza cenných papírů Praha	18
3	Popis a metodologie teorie očekávaného užítu a prospektové teorie	22
3.1	Rozhodování	22
3.2	Teorie očekávaného užítu	24
3.2.1	Vzorce pro aktiva a portfolio	25
3.2.2	Markowitzův model	27
3.3	Prospektová teorie	31
3.3.1	Vzorce a optimalizační model kumulativní prospektové teorie	36
4	Aplikace vybraných teorií na optimalizaci akciového portfolia	40
4.1	Popis akcií	40
4.1.1	Porsche Automobil Holding SE	40
4.1.2	RWE AG	41
4.1.3	Deutsche Lufthansa AG	42
4.1.4	Adidas Group	43
4.1.5	Facebook Inc.	43
4.1.6	Verizon Communications Inc.	44
4.1.7	Cancom	45
4.1.8	NorCom Information Technology AG	45
4.1.9	GEA Group AG	46
4.1.10	Lotto24 AG	47
4.1.11	Vstupní data akcií	47
4.2	Efektivní množina dle Markowitzova modelu	48
4.3	Portfolia dle prospektové teorie	52
4.3.1	Portfolia se stejným rizikem	56

4.3.2	Portfolia se stejným očekávaným výnosem	59
4.4	Shrnutí.....	62
5	Závěr.....	65
	Seznam použité literatury	68
	Seznam zkratk.....	72
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	
	Seznam grafů, tabulek a vzorců	
	Seznam příloh	
	Přílohy	

1 Úvod

Rozhodování je nejen součástí každodenního života člověka, ale také důležitou součástí ekonomie. Většina prováděných rozhodnutí není uskutečňována s jistotou, ale pouze s určitou pravděpodobností možného výsledku. Nejznámější teorií, která se zabývá procesem rozhodování v ekonomii, je teorie očekávaného užitku, jež je založena na předpokladu racionálního rozhodování. Existují ale i teorie, které berou v úvahu vliv psychologických aspektů na lidské rozhodování. Jednou z nich je prospektová teorie.

Při investování na kapitálových trzích je také prováděno rozhodování, do kterých finančních instrumentů investovat. Vhodné je neinvestovat jen do jednoho aktiva, ale diverzifikovat riziko tím, že budeme investovat do více aktiv, a tím vytvoříme investiční portfolio. Pro sestavení portfolio existují různé optimalizační modely.

Cílem diplomové práce je sestavení akciové efektivní množiny podle Markowitzova modelu, optimálních akciových portfolioí podle prospektové teorie v závislosti na změně jednotlivých parametrů a optimálních portfolioí pro investora s daným postojem k riziku pro předem stanovené hodnoty očekávaného výnosu i rizika a provést srovnání vytvořených portfolioí dle jejich složení, očekávaného výnosu a rizika.

Diplomová práce je rozdělena do pěti kapitol. Po úvodu následuje teoretická kapitola, která obsahuje charakteristiku kapitálového trhu a finančních aktiv. V ní je popsán finanční trh, jeho dělení, finanční rizika, dohled nad českým kapitálovým trhem a finanční instrumenty, jako jsou dluhopisy, akcie a finanční deriváty.

Třetí kapitola je zaměřena na popis a metodologii teorie očekávaného užitku a prospektové teorie. Uvedeny jsou v ní také vztahy pro výpočet základních parametrů pro vybraná aktiva a portfolio aktiv, spolu s uvedením Markowitzova modelu a optimalizačního modelu dle prospektové teorie.

Ve čtvrté kapitole je provedena aplikace vybraných teorií na optimalizaci akciového portfolio. Nejprve je v ní popsáno deset akciových titulů, ze kterých budou portfolio sestavována. Poté je vytvořena efektivní množina dle Markowitzova modelu, optimální portfolio dle prospektové teorie v závislosti na změně parametrů a sestavena další optimální portfolio pro investora s daným postojem k riziku pro předem stanovené hodnoty rizika a očekávaného výnosu portfolio. Nakonec je provedeno shrnutí výsledků, na které navazuje závěr práce.

2 Charakteristika kapitálového trhu a finančních aktiv

První část diplomové práce je věnována kapitálovým trhům a finančním aktivům. Na začátku je práce zaměřena na finanční trhy a jejich dělení, finanční rizika a na kapitálový trh i jeho dohled v České republice. Dále jsou charakterizována vybraná finanční aktiva, kterými jsou dluhopisy, akcie a finanční deriváty. Nakonec jsou popsány burzovní trhy cenných papírů v ČR. V celé kapitole bylo čerpáno z literatury Musílek (2011), Jílek (2009a) a Jílek (2009b).

2.1 Finanční trh

Základem pro fungování celé ekonomiky je finanční systém, což je soubor všech trhů, institucí, zákonů a regulací, pomocí kterých jsou realizovány finanční transakce. Díky těmto mechanismům dochází k přesunu kapitálu mezi subjekty.

Součástí finančního systému jsou i finanční trhy. Obecně pod pojmem trh si lze představit proces koupě a prodeje. Na finančních trzích se soustřeďuje nabídka a poptávka po finančních prostředcích. Jedná se tedy o místo, kde se soustřeďují, přerozdělují a rozmisťují dočasně volné finanční prostředky. Nabídku tvoří subjekty, které mají přebytek těchto prostředků, a poptávka je tvořena subjekty s deficitem finančních prostředků. U finančních trhů je velmi podstatná jejich stabilita a důvěryhodnost. Správné fungování finančních trhů ovlivňují i finanční zprostředkovatelé, kterými jsou např. banky, pojišťovny, penzijní fondy nebo investiční společnosti.

Finanční trhy mají mnoho funkcí. Jmenovitě jimi jsou:

- funkce zdroje financování – umožňuje deficitním subjektům získat nové finanční prostředky;
- funkce konkurence – umožňuje alternativní financování (finanční trhy působí jako konkurence bankovního sektoru);
- alokační funkce – zajišťuje přemísťování kapitálu do rentabilních oblastí;
- motivační funkce – vytváří motivy pro tvorbu úspor domácností;
- cenotvorná funkce – vytváří tržní ceny finančních instrumentů;
- funkce diverzifikace rizika – umožňuje dělit investiční riziko;
- politická funkce – souvisí s politickou situací, která ovlivňuje finanční trhy například prostřednictvím regulace.

Finanční trhy také snižují náklady na finanční transakce, jelikož se na finanční trh lze dívat jako na jednoho velkého finančního zprostředkovatele, a umožňují přesun i výkon vlastnických práv.

Hlavní dělení finančního trhu, které je určeno z hlediska finančních rizik, je na trh:

- dluhový (spojeno s úvěrovým a úrokovým rizikem);
- akciový (spojeno s akciovým rizikem);
- komoditní (spojeno s komoditním rizikem);
- měnový (spojeno s měnovým rizikem).

Na dluhovém trhu je obchodováno s dluhovými finančními instrumenty, které mají konečnou splatnost. Výjimka je tvořena dluhopisy s nekonečnou dobou splatnosti. Finanční prostředky zde plynou od věřitelů, na straně jedné, k dlužníkům, na straně druhé, a naopak. U akciového trhu se jedná o trh s kapitálovými finančními nástroji, tzn. s nástroji s teoreticky nekonečnou dobou splatnosti, jelikož akcie souvisí s existencí akciové společnosti. Do finančního trhu se zahrnuje komoditní trh jen tehdy, pokud se jedná o trh s cennými kovy (např. se zlatem, stříbrem nebo platinou). O měnový trh se jedná, pokud jde o dluhový, akciový nebo komoditní trh v cizích měnách.

Dále je finanční trh dělen na trh peněžní a kapitálový. Na peněžním trhu je obchodováno s dluhovými finančními instrumenty s dobou splatnosti, která je kratší než jeden rok. Kapitálový trh je tvořen obchody s dluhovými cennými papíry se splatností delší než jeden rok a s akciovými cennými papíry. Více o těchto trzích dále.

Z pohledu teritoriálního umístění lze finanční trhy rozdělit na trhy národní a zahraniční. Na národních trzích jsou obchodovány finanční instrumenty od domácích emitentů podle tuzemských pravidel a regulací. Na zahraniční trhy jsou umístovány instrumenty zahraničních emitentů, které musí být denominovány v měně země, kde budou obchodovány. Obchodování se řídí pravidly místního trhu.

2.1.1 Kapitálový trh

Kapitálový trh je tvořen akciovým trhem a částí dluhového trhu, která obsahuje dluhové cenné papíry se splatností převyšující jeden rok. Tento trh se vyznačuje nižší likviditou, vyšším výnosem, ale i vyšším rizikem než trh peněžní. Pro ten je naopak typická vysoká likvidita, nízký výnos a riziko. Účastníky na kapitálovém trhu jsou jak velké bankovní, podnikové i finanční instituce, tak také drobní investoři, jelikož transakce probíhají v menších objemech než na peněžním trhu.

Kapitálové trhy se dělí dle dodání cenného papíru na trhy:

- promptní;
- derivátové.

Na promptním trhu je obchod v jednom časovém okamžiku uzavřen a proveden. Naopak na derivátovém trhu je uzavřena smlouva a její plnění nastává až v budoucnu. Derivátový trh se dále dělí na trh termínový a opční. Instrumenty jako forwardy, futures nebo swapy jsou obchodovány na termínovém trhu a opce jsou obchodovány na opčním trhu. Rozdíl je v pozicích smluvních stran. Smluvní strany na termínovém trhu jsou v pevné pozici, naopak na opčním trhu je kupující ve volné pozici a prodávající v pevné pozici.

Kapitálový trh se dále dělí na trh:

- primární;
- sekundární.

Primární trh je ten, na kterém dochází k emisi cenného papíru. Emitent má tudíž příjem jen z primárního trhu. Na sekundárním trhu dochází k dalšímu obchodování s cenným papírem. Sekundární trh je velmi důležitý pro primární trh, jelikož umožňuje správně stanovit emisní kurz cenného papíru, a také poskytuje motivaci a likviditu primárnímu investorovi, který může cenný papír v případě potřeby dále prodat.

Sekundární trh cenných papírů lze rozdělit na burzovní a mimoburzovní trh. Burzovní trhy cenných papírů jsou organizovaná shromáždění osob, která probíhají na burzovním parketu u prezenčního typu burzy nebo jsou zprostředkovány počítačovým systémem u elektronického typu burzy či prováděny hybridním způsobem u hybridního typu burzy. Na burze jsou obchody prováděny podle burzovních zákonů, pravidel a stanovených podmínek pro jednotlivé instrumenty. Mimoburzovní trhy nejsou regulovány burzovními pravidly. Obchodování probíhá přímo mezi danými subjekty (investiční banky, firmy cenných papírů, institucionální investoři).

2.1.2 Finanční rizika

S rizikem se setkáváme při každodenních aktivitách. Pokud se pohybujeme na finančních trzích, musíme brát v úvahu rizika finanční. Finanční riziko lze definovat jako potenciální finanční ztrátu na finančním trhu. Jedná se tedy o možnou ztrátu v budoucnosti, nikoliv o existující ztrátu. Finanční riziko je spojeno s investicí do finančního a komoditního instrumentu nebo finančního a komoditního portfolia. Širším pojmem, než riziko, je nejistota. Obojí představuje neurčitost a náhodnost, rozdíl je v tom, že riziko je možné kvantifikovat (např. pomocí statistiky).

Finanční rizika se dělí do pěti hlavních skupin:

- úvěrové riziko;
- tržní riziko;
- likvidní riziko;
- operační riziko;
- obchodní riziko.

Úvěrové riziko je riziko ztráty ze selhání druhé strany tím, že partner nedodrží smluvené podmínky kontraktu. Věřiteli vznikne ztráta, protože dlužník nedostal svým závazkům (např. nesplatil celou částku nebo jen částečně, došlo k opoždění platby). Závazky mohou vzniknout z úvěrových, obchodních i investičních aktivit, z platebního styku a při vypořádání cenných papírů. Úvěrové riziko se dělí na jednotlivé kategorie:

- přímé úvěrové riziko – je spojeno s rizikem ztráty z celkového nebo částečného selhání partnera u rozvahových položek (tj. u úvěrů, dluhopisů, směnek atd.), jedná se o nejstarší a nejdůležitější riziko na finančních trzích;
- riziko úvěrových ekvivalentů – souvisí s rizikem ztráty ze selhání partnera u podrozvahových položek (tj. u akreditivů, derivátů);
- vypořádací riziko – je to riziko vyplývající z možných ztrát, které mohou vzniknout od okamžiku otevření pozice do okamžiku uzavření pozice, dělí se na vypořádací riziko měnové a cenných papírů (např. zasíláme protistraně peníze a čekáme na poslání cizí měny nebo na připsání cenného papíru);
- riziko angažovanosti (riziko koncentrace portfolia) – souvisí s rizikem ztráty z míry expozice vůči svým partnerům, skupinám nebo partnerům v daných zemích (tzv. riziko země) či ekonomickým sektorům, dá se eliminovat stanovenými limity, kolik lze půjčit jednomu ekonomickému subjektu.

Dalším rizikem, vyskytujícím se na finančních trzích, je tržní riziko. Jedná se asi o druhé nejvýznamnější riziko. Finanční riziko se definuje jako riziko ztráty ze změn tržních cen u finančních nebo komoditních nástrojů, které byly vyvolány nepříznivými změnami tržních podmínek (např. vývojem úrokových měr, měnového kurzu nebo cen akcií a komodit). Tržní riziko se rozděluje do čtyř kategorií:

- úrokové riziko – představuje riziko ztráty ze změn cen nástrojů citlivých na úrokové míry, např. růst úrokových měr sníží hodnotu nakoupeného dluhopisu, což znamená ztrátu pro vlastníka dluhopisu;

- akciové riziko – jedná se o riziko ztráty ze změn cen nástrojů citlivých na ceny akcií, např. dojde-li k poklesu kurzu akcií VIG, tím se sníží jejich hodnota a investor má ztrátu;
- komoditní riziko – je riziko ztráty ze změn cen nástrojů citlivých na ceny komodit, např. snížením ceny stříbra hodnota nakoupeného stříbra klesne a způsobí ztrátu investorovi;
- měnové (devizové) riziko – představuje riziko ztráty ze změn cen nástrojů citlivých na měnové kurzy, např. posílením (apreciací) koruny vůči euru klesne hodnota nakoupených německých aktiv, což vede ke ztrátě investora.

Součástí finančních rizik je také likvidní riziko, které souvisí s neschopností plnit své závazky včas. Dělí se na dvě kategorie:

- riziko financování – toto riziko se pojí s rizikem ztráty v případě naší aktuální platební neschopnosti, tzn. subjekt není schopen splnit své závazky;
- riziko tržní likvidity – je spojeno s rizikem ztráty tehdy, když se trh s finančními nástroji vyznačuje malou likviditou, tudíž není možné rychle uzavírat své pozice a subjekty mají omezený přístup k peněžním prostředkům.

Operační riziko, další z finančních rizik, je riziko ztráty subjektu z důvodu nedostatku nebo selhání vnitřních procesů, lidského faktoru či systému, anebo je způsobené vnější událostí, porušením či nenaplněním právní normy. Operační riziko je dále členěno na tři kategorie:

- transakční riziko – jedná se o riziko ztráty způsobené možnými chybami u prováděných operací, při zaúčtování nebo vypořádání obchodů či způsobené neadekvátní právní dokumentací;
- riziko operačního řízení – představuje riziko ztráty způsobené chybami při řízení aktivit, jako jsou neidentifikovatelné obchody nad limit, podvodné operace při obchodování nebo zpracovávání (např. špatné zaúčtování, padělání či praní peněz) nebo vznikem závislosti na omezeném počtu zaměstnanců a jejich nedostatečné kontrole;
- riziko systémů – je spojeno s rizikem ztráty z chyb v počítačových programech, v matematických vztazích a modelech nebo při zpožděném a nesprávném podávání informací či při přenosu dat.

Posledním z finančních rizik je obchodní riziko. To v sobě zahrnuje dalších sedm rizik, se kterými se musí při obchodování na finančních trzích počítat. Obchodními riziky jsou:

- právní riziko – jenž je rizikem ztráty z důvodu právních požadavků partnera nebo odlišné právní legislativy;
- riziko změny úvěrového hodnocení – je rizikem ztráty kvůli možnosti snížení ratingového hodnocení, a s tím je spojeno horší získávání peněžních prostředků za přijatelnou cenu;
- reputační riziko – je spojeno s rizikem ztráty ze zhoršené reputace na finančních trzích;
- daňové riziko – souvisí s rizikem ztráty z důvodu změny daňových zákonů nebo neočekávané změny ve zdanění;
- riziko měnové konvertibility – jedná se o riziko ztráty, která vznikne z nemožnosti směnit měnu za jinou měnu v důsledku změny politické či ekonomické;
- riziko pohromy – je riziko ztráty z přírodních katastrof, války, krachu nebo krize finančního systému;
- regulační riziko – představuje riziko ztráty, způsobené nemožností splnit regulační normy (např. kapitálovou přiměřenost) nebo vznikne z chyb v predikci budoucích regulačních opatření.

2.1.3 Dohled na českém kapitálovém trhu

Na začátku devadesátých let dvacátého století nově vznikala v České republice finanční trh. Hlavní postavení měl bankovní a pojišťný sektor, rozvoj finančních trhů byl teprve na začátku. Byl zaveden jednotný model finančního dohledu, který netradičně zastávalo ministerstvo financí, což bylo v rozporu s hlavním směrem teorií regulace i s doporučeními mezinárodních finančních institucí. Ty zastávaly názor, že instituce dohledu by měla být nezávislá na vládě a měla by mít jasně stanovené pravomoci, cíle a odpovědnost.

S větším rozvojem finančního sektoru byly některé pravomoci dohledu přesunuty na nové dohledové úřady. V roce 1994 byl vytvořen úsek bankovního dohledu v rámci České národní banky, který byl zaměřen na kontrolu správného fungování bank a měl zajišťovat nápravu zjištěných nedostatků. Postupem času převzala ČNB veškerý dohled nad bankovním sektorem. Dozor ministerstva financí nad kapitálovým trhem trval až do roku 1998, kdy vznikla nová instituce dohledu, Komise pro cenné papíry. Diskuze

o zavedení nové instituce dohledu nad kapitálovým trhem se vedla již několik let, avšak pro její vznik nebyla dostatečná politická podpora. Až vlna skandálů na českém kapitálovém trhu spojená s kupónovou privatizací, nedostatečná ochrana minoritních akcionářů, politická krize v roce 1997 a impulz ze strany Burzy cenných papírů Praha iniciovaly vznik nezávislé dohledové instituce. Nezávislost se týkala personálního a operačního vedení, ale i nadále byla závislá na financích ze státního rozpočtu. V oblasti pojišťovnictví vykonával dohled Úřad státního dozoru v pojišťovnictví a penzijním připojištění, který stále spadal pod ministerstvo financí, a v roce 1997 byl založen Úřad pro dohled nad družstevními záložnami. Z těchto informací vyplývá, že se Česká republika postupně přesouvala od jednotného modelu finančního dohledu k odvětvovému modelu finančního dohledu.

V dalších letech byla diskutována otázka integrace dohledových orgánů a byly zkoumány různé možnosti institucionálního uspořádání finančního dohledu. Nakonec byl přijat návrh, který ukončil činnost Komise pro cenné papíry ke konci března roku 2006 a stanovil orgánem dohledu nad finančním sektorem centrální banku. Od dubna 2006 byly všechny pravomoci převedeny na ČNB, tudíž byl zaveden model finančního dohledu v rámci centrální banky.

ČNB při dohledu nad kapitálovým trhem se snaží posilovat důvěru investorů i emitentů v kapitálový trh prostřednictvím ochrany investorů, rozvojem kapitálového trhu a podporováním informovanosti obou stran. ČNB k vykonávání těchto činností slouží nástroje, mezi které patří:

- přidělování licencí, povolení a souhlasů k daným činnostem na kapitálovém trhu a kontrola činností z nich vycházejících;
- získávání informací důležitých pro dohled, popř. jejich vymáhání a ověřování (jestli jsou informace pravdivé, úplné a aktuální);
- kontrola plnění povinností vyplývajících ze zákonů;
- rozhodování o právech a povinnostech fyzických a právnických osob dle zákonů;
- kontrola plnění informační povinnosti;
- kontrola osob a jejich činností podezřelých ze zneužití důvěrných informací a oznámení o podezření ze spáchání trestné činnosti zneužívání informací v obchodním styku;
- uložení předběžného opatření;
- uložení opatření k nápravě, sankcí či pokut.

2.2 Finanční aktiva

K obchodování na finančních trzích jsou využívána různá aktiva, která se liší svým výnosem, rizikem i likviditou. Emitenti chtějí prostřednictvím těchto aktiv získat peněžní prostředky z finančních trhů a investoři zhodnotit své volné finanční prostředky. V této části kapitoly jsou popsána vybraná aktiva, jimiž jsou dluhopisy, akcie a finanční deriváty. Použita byla literatura Musílek (2011), Jílek (2009a) a Zákon o dluhopisech i Zákon o obchodních korporacích.

2.2.1 Dluhopis

Dluhopis je dle § 2, Zákona o dluhopisech, cenný papír nebo zaknihovaný cenný papír vydaný podle českého práva, s nímž je spojeno právo na splacení určité dlužné částky odpovídající jmenovité hodnotě jeho emitentem, a to najednou nebo postupně k určitému okamžiku, a popřípadě i další práva plynoucí ze zákona nebo emisních podmínek dluhopisu. Jedná se tedy o dluhový cenný papír, kterým se jeho emitent zavazuje splatit částku k určitému datu. Emisní podmínky vymezují práva a povinnosti emitenta i vlastníka dluhopisu, spolu s informacemi o emisi dluhopisu. Dluhopis je cenný papír na řad, tudíž je převoditelný rubopisem, kde musí být nový nabyvatel přesně identifikován.

Soubor dluhopisů vydaných podle stejných emisních podmínek se nazývá emise dluhopisů, která se vyznačuje stejným datem emise a datem splatnosti. Těmto dluhopisům, se kterými jsou spojena stejná práva, jsou přidělena stejná identifikační označení (ISIN).

Dluhopis podle Zákona o dluhopisech obsahuje:

- označení „dluhopis“, pokud se nejedná o hypoteční zástavní list, státní pokladniční poukázku nebo poukázku České národní banky;
- údaj o druhu dluhopisu (možno uvést odkazem na emisní podmínky);
- údaje k identifikaci emitenta;
- jmenovitou hodnotu;
- výnos dluhopisu nebo údaje k zjištění výnosu;
- datum splatnosti;
- údaje k identifikaci vlastníka;
- podpis emitenta;
- číselné označení dluhopisu;
- datum emise.

Dluhopisy lze podle emitenta dělit na dluhopisy státní, komunální, podnikové a bankovní. Pokud jsou státní dluhopisy vydávány Českou republikou a jejich doba splatnosti je kratší než jeden rok, jedná se o státní pokladniční poukázky. Dluhopis vydaný územním samosprávným celkem se označuje jako komunální dluhopis a jeho vydání musí být odsouhlaseno ministerstvem. Bankovním dluhopisem může být například hypoteční zástavní list a banky je vydávají proto, aby získaly i jiné zdroje k financování svých aktivních obchodů. Obdobně je to i u podnikových dluhopisů, které podniky emitují z důvodu získání finančních prostředků.

Emitent vydáním dluhopisů získá nové finanční prostředky potřebné k financování svých potřeb, za které musí věřiteli zaplatit. Obvykle pomocí pravidelné kupónové platby, která představuje pro vlastníka výnos z vypůjčených prostředků. Výnos z dluhopisu může být určen pevnou úrokovou sazbou, rozdílem mezi nominální hodnotou dluhopisu a nižším emisním kurzem (tzv. zero bond) nebo pohyblivou úrokovou sazbou, která je navázána například na mezibankovní sazby, jiný úrokový výnos, pohyb měnových kurzů nebo ceny komodit.

Existují i různé typy dluhopisů. Vyměnitelný dluhopis je spjat s nárokem na výměnu dluhopisu za jiný dluhopis nebo akcii. Využití tohoto práva je obvykle spojeno s nesplacením nominální hodnoty dluhopisu. Prioritní dluhopis je cenný papír, se kterým je spojeno právo na jeho splacení i vyplacení výnosu a nárok na přednostní upisování akcií vydaných emitentem dluhopisu. U podřízeného dluhopisu je stanoveno, že pokud emitent vstoupil do likvidace nebo došlo k jeho úpadku, pohledávky spojené s daným dluhopisem budou splaceny až po uspokojení ostatních pohledávek, s výjimkou těch, které mají stejnou podmínku podřízenosti. S těmito dluhopisy je spojeno větší úvěrové riziko než s předcházejícími dluhopisy.

2.2.2 Akcie

Akcii se rozumí majetkový cenný papír a souhrn jmenovitých hodnot všech akcií tvoří základní kapitál akciové společnosti. Podle § 256, Zákona o obchodních korporacích, je akcie majetkový cenný papír nebo zaknihovaný cenný papír, s nímž jsou spojena práva akcionáře jako společníka podílet se podle tohoto zákona a stanov společnosti na jejím řízení, jejím zisku a na likvidačním zůstatku při jejím zrušení s likvidací. Vlastník akcií se podílí na řízení společnosti tím, že má právo hlasovat na valné hromadě a počet držených akcií rozhoduje o počtu jeho hlasů. Právo na zisk společnosti souvisí s výplatou dividend, které mohou být vypláceny v podniku s dobrými finančními výsledky. Rozhodnutí

o výplatě schvaluje valná hromada. Třetí právo je spojeno se zrušením společnosti s likvidací, při které má akcionář právo na podíl na likvidačním zůstatku. U akcií je důležitý jejich kurz, protože ten určuje hodnotu akcií na trhu.

Akcie musí dle Zákona o obchodních korporacích obsahovat:

- označení, že se jedná o akcii;
- jednoznačnou identifikaci akciové společnosti;
- jmenovitou hodnotu;
- označení formy akcie, ledaže akcie byla vydána jako zaknihovaný cenný papír;
- jednoznačnou identifikaci akcionáře u akcie na jméno;
- údaje o druhu akcie, popřípadě i s odkazy na stanovy společnosti.

Akcie může nabývat dvou forem, na řad nebo na doručitele. Akcie ve formě na doručitele je označována jako akcie na majitele. Akcii s touto formou mohou společnosti vydat pouze jako zaknihovaný cenný papír nebo imobilizovaný cenný papír. Tyto akcie jsou neomezeně převoditelné. Akcie ve formě na řad se značí jako akcie na jméno a je možné ji převést rubopisem, kde se jednoznačně identifikuje nový nabyvatel akcie.

Podle druhu jsou akcie děleny na akcie prioritní a kmenové. S kmenovými akciemi nejsou spojena žádná zvláštní práva, tudíž se vyznačují právem na řízení a na zisk společnosti a právem na likvidační zůstatek. Prioritní akcie jsou spojeny s přednostním právem na výplatu dividend nebo na výplatu likvidačního zůstatku. Obvykle jsou vydávány bez hlasovacího práva, pokud není ve stanovách společnosti určeno jinak. Souhrn jmenovitých hodnot prioritních akcií nesmí překročit 90 % základního kapitálu.

Některé společnosti emitují pro své zaměstnance jiný druh akcií, kterými jsou zaměstnanecké akcie. Tyto akcie mohou zaměstnanci získat za zvýhodněných podmínek nebo zdarma, např. formou odměny. Akcie by měli sloužit jako prostředek motivace zaměstnanců k lepším hospodářským výsledkům společnosti, a následně odměně akcionářů prostřednictvím dividend. Tudíž majitelé zaměstnaneckých akcií nabývají stejných práv, jako jiní akcionáři, pokud nejsou jejich práva ve stanovách společnosti nějak omezena. Pokud dojde k ukončení pracovního poměru nebo k úmrtí zaměstnance, pak jsou akcie navraceny společnosti.

Pokud akcionář nesplatil akcie, jsou mu dle stanov společnosti vydány zatímní listy, se kterými jsou spjatý stejná práva i povinnosti jako s jeho nesplacenými akciemi. Po splacení jsou zatímní listy vyměněny za akcie.

S akciemi je spojeno vyšší riziko než s dluhopisy, jelikož se vyznačují vyšší volatilitou cen a jejich výnosnost není dopředu známá na rozdíl od dluhopisů. S vyšším podstupovaným rizikem souvisí ale i vyšší požadavek na výnos u tohoto instrumentu.

2.2.3 Finanční deriváty

Rozvojem finančních trhů vznikly i nové instrumenty. První náznaky těchto instrumentů lze najít ve 12. století v Itálii a Holandsku na trhu s komoditami, kde existovala aktiva, která umožňovala budoucí dodání zboží. K největšímu rozmachu finančních derivátů došlo v první polovině 70. let 20. století. Finančním derivátem se rozumí takové aktivum, jehož hodnota je odvozena od hodnoty podkladového aktiva. Nejčastěji se vyskytujícími podkladovými aktivy jsou úrokové, měnové nebo akciové instrumenty. Charakteristickou vlastností derivátů je to, že se jedná o termínové kontrakty, což znamená, že mezi uzavřením kontraktu a jeho plněním uběhne předem dohodnutá lhůta. Mezi finanční deriváty patří opce, futures, forwardy a swapy.

S finančními deriváty se obchoduje na burzovních nebo mimoburzovních (OTC) trzích. Pro deriváty obchodované na burze je charakteristický vysoký stupeň standardizace kontraktů, záruka vypořádání kontraktů pomocí clearingového domu a vysoká likvidita. Naproti tomu mimoburzovní finanční deriváty jsou vytvářeny podle konkrétních požadavků obou smluvních stran, vypořádání není garantováno clearingovým centrem a likvidita kontraktů je nízká.

Opce představuje vztah mezi prodávajícím (krátká pozice) a kupujícím (dlouhá pozice), při kterém má kupující právo koupit nebo prodat podkladové aktivum za předem stanovenou cenu (realizační cenu) v době splatnosti opce. Kupující opce má zde právo volby (volná pozice). Naopak prodávající opce je v pevné pozici, tzn. má povinnost prodat nebo koupit podkladové aktivum. Kupující musí zaplatit prodávajícímu opční prémii (cena opce) za riziko, které na sebe prodávající přebírá.

Opce se dělí dle mnoha hledisek. Základní dělení je na kupní (call) a prodejní (put) opci. U kupní opce má kupující právo na nákup podkladového aktiva a u prodejní opce má právo na prodej tohoto aktiva. Proávající je naopak povinen u kupní opce prodat podkladové aktivum a u prodejní opce koupit dané aktivum. Pokud je možné opci využít jen v době její splatnosti, jedná se o evropskou opci. Je-li možno opci využít kdykoliv do doby její splatnosti, pak takovou opci označujeme za americkou. Inovace se nevyhnuly ani opčním trhům, kde se objevily i nové druhy opcí, tzv. exotické opce. Mezi ně patří např. asijské, binární, bermudské nebo duhové opce.

Dalším finančním derivátem je futures. Jedná se o smluvní vztah mezi kupujícím a prodávajícím futures, kterým se vzájemně zavazují v den splatnosti splnit podmínky smlouvy. Kupující futures musí koupit podkladové aktivum za sjednanou termínovou cenu a prodávající toto aktivum za stejných podmínek prodat. Futures jsou obchodovány na burze, a proto je pro ně charakteristická standardizace obchodů. Plnění těchto obchodů je garantováno clearingovým centrem. Z tohoto důvodu musí účastníci obchodů skládat marži, která slouží jako záruka k plnění závazků. Motivem k uzavírání futures kontraktů může být zajištění, spekulace nebo arbitráž.

Forward je finanční derivát podobný futures. Jeho podstatou je budoucí prodej nebo koupě podkladového aktiva za předem dohodnutou realizační cenu. Je obchodován na mimoburzovních trzích, proto je výsledkem individuální dohody smluvních stran, které si mohou tento kontrakt přizpůsobit svým potřebám (např. objemem aktiva či dobou splatnosti). S touto výhodou se pojí nevýhoda v podobě velmi nízké likvidity. U forwardu je také větší riziko nesplnění uzavřeného obchodu než u futures, jelikož není garantován clearingovým centrem, ale závisí jen na bonitě smluvních stran.

Dalším mimoburzovním derivátem je swap. Jedná se o smlouvu o vzájemné budoucí výměně periodických peněžních toků v daném období mezi dvěma nebo více smluvními stranami. Nejvýznamnějším swapovým instrumentem na finančních trzích je úrokový swap, který představuje závazek budoucí výměny úrokových plateb. Ten se týká výměny fixní úrokové sazby za variabilní úrokovou sazbu nebo naopak. Dalším typem swapu je měnový swap. Jeho podstatou je také výměna budoucích úrokových plateb a jistin, ty jsou však denominovány v jiných měnách.

2.3 Burzovní trhy cenných papírů

Burzovní trhy cenných papírů jsou organizovaná shromáždění osob, kde jsou obchody prováděny podle burzovních zákonů, pravidel a stanovených podmínek pro jednotlivé instrumenty. V této podkapitole se vychází se stěžejní literatury celé kapitoly a z informací získaných na internetových stránkách Burzy cenných papírů Praha a RM-Systému.

V České republice existují dvě burzy, kterými jsou Burza cenných papírů Praha (BCPP) a RM-Systém. RM-Systém, česká burza cenných papírů a. s. je trh, kde jsou obchodovány akcie nejvýznamnějších a největších českých i zahraničních společností (např. ČEZ, Erste Bank, Volkswagen či Microsoft – obchodovány v českých korunách),

ale také akcie nevyskytující se na BCPP. Tato burza je zaměřena na malé a střední investory. RM-Systém funguje jako burza od prosince 2008, předtím se jednalo o mimoburzovní trh. BCPP je věnována následující podkapitola.

2.3.1 Burza cenných papírů Praha

První burza byla v Praze založena v roce 1871. Obchodovalo se na ní se zemědělskými produkty a s cennými papíry. Nejvýznamnější obchodovanou plodinou byl cukr, proto se pražská burza stala centrem obchodu s cukrem pro celé Rakousko–Uhersko. Po ukončení první světové války se na burze obchodovalo jen s cennými papíry a po druhé světové válce nebyla burza obnovena. Sekundární trh cenných papírů nefungoval na území České republiky několik desetiletí, jelikož se neslučoval se zavedenou centrálně plánovanou ekonomikou od 50. let až do konce 80. let dvacátého století.

Sametová revoluce v roce 1989 umožnila zavedení tržního hospodářství a tím i renesanci trhů s cennými papíry. Nejprve byl založen prozatímní sekundární trh v roce 1991, na němž probíhaly obchody jednou za čtrnáct dní formou aukcí přímo mezi agenty bank. Vytvořené kurzy cenných papírů platily až do příští aukce a o možnosti obchodování s daným cenným papírem rozhodovala Komise trhu cenných papírů. Na prozatímním sekundárním trhu bylo nejvíce obchodováno se státními dluhopisy, podílovými listy investičních fondů a bankovními dluhopisy. Tento sekundární trh fungoval až do vzniku Burzy cenných papírů Praha.

Burza cenných papírů Praha a. s. byla založena 24. listopadu 1992 zápisem do obchodního rejstříku. Jejími zakladateli bylo dvanáct bank (české i slovenské) a pět obchodníků s cennými papíry. První obchodování proběhlo až 6. dubna 1993, kdy se obchodovalo pouze s jedním státním dluhopisem, třemi obligacemi, dvěma podílovými listy a jednou akcií. K velkému nárůstu obchodů došlo po ukončení první vlny kupónové privatizace, kdy za měsíce červen a červenec (v roce 1993) došlo k 955 novým emisím cenných papírů. Po druhé vlně kupónové privatizace (v březnu 1995) bylo dále uvedeno 674 nových emisí. Neznalost akciového trhu a malá prestiž emitentů vedla k nízké likviditě trhu, proto BCPP vyřadila velkou část emisí (během roku 1997 vyřadila 1 300 nelikvidních emisí). V dalších letech pokles obchodovaných akciových emisí pokračoval (např. v roce 2009 jich bylo 25). BCPP používá k obchodování elektronický obchodní systém.

BCPP je založena na členském principu stejně jako většina světových akciových burz, tudíž oprávnění k obchodování mají jen její členové, a dále ze zákona Česká národní banka a Ministerstvo financí České republiky. Členové burzy jsou také akcionáři burzy.

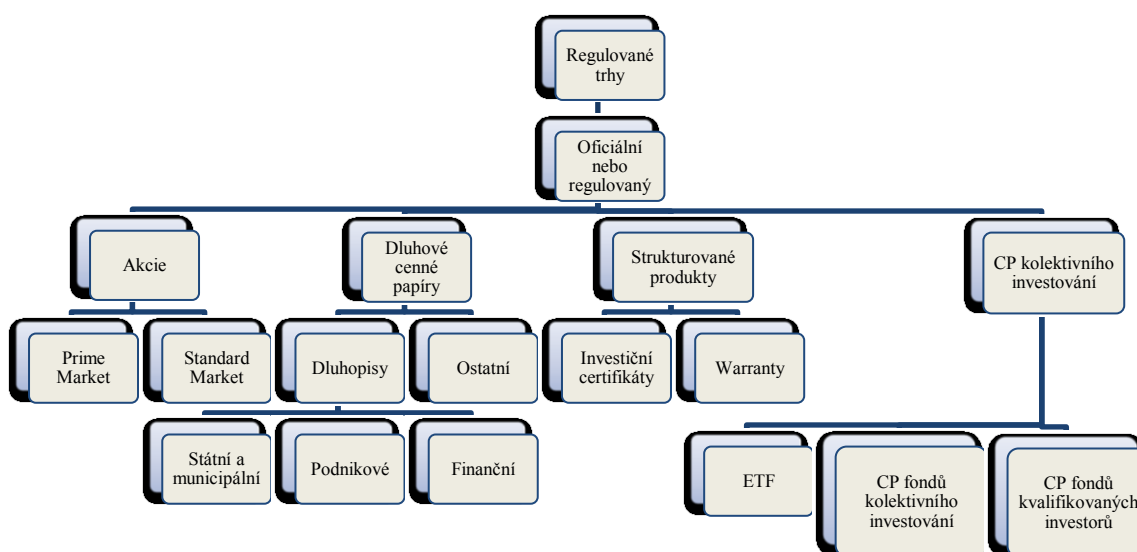
O nových členech rozhoduje vedení burzy dle doporučení burzovního výboru pro členské otázky. Běžní investoři se mohou účastnit obchodování prostřednictvím členů burzy. Mezi léty 1993 a 1996 byl velký zájem o burzovní členství (počet členů vzrostl ze 17 na 106). V posledních letech byl však trend opačný, docházelo k poklesu členů (v roce 2009 jen 20 členů). Aktuální počet členů BCPP je 17 (bez ČNB a ministerstva financí). Členy jsou např. Česká spořitelna, a. s., Československá obchodní banka, a. s., DB Securities S.A., EQUILOR ZRt, Fio banka, a. s., J & T BANKA, a. s., Patria Finance, a. s., Société Générale S.A. atd.

BCPP vytváří spolu s dceřinými společnostmi skupinu PX. Významnými společnostmi ve skupině jsou POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a. s. (PXE) a Centrální depozitář cenných papírů, a. s. (CDCP). PXE vznikla v roce 2007 a jedná se o společnost, která provádí obchodování s elektřinou na území České republiky, Slovenska, Maďarska, Polska a Rumunska. CDCP má hlavní postavení při vypořádání obchodů s cennými papíry na českém kapitálovém trhu, dále eviduje zaknihované cenné papíry vydané v České republice, provádí správu a úschovu listinných cenných papírů a přiděluje právnickým osobám mezinárodně jednotné identifikační číslo (LEI) i označení investičních nástrojů podle mezinárodního systému číslování (ISIN).

Od 8. prosince 2008 je většinovým akcionářem BCPP s podílem 92,74 % Burza cenných papírů Vídeň (Wiener Börse). Obě spolu s Burzou cenných papírů Lublaň (Ljubljana Stock Exchange) tvoří holdingovou společnost CEE Stock Exchange Group (CEESEG). BCPP je součástí Federace evropských burz a je zařazena do seznamu burz bezpečných pro investory americkou Komisí pro cenné papíry a burzy.

Hlavními orgány BCPP jsou valná hromada, dozorčí rada, burzovní komora, burzovní výbor pro kotaci a burzovní výbor pro burzovní obchody. Nejvyšším orgánem burzy je valná hromada, ve které má většinový podíl společnost CEESEG. Dozorčí rada se skládá ze čtyř členů, kteří jsou voleni valnou hromadou, a provádí dohled nad působností burzovní komory i nad činností burzy. Burzovní komora je statutárním orgánem pražské burzy, která řídí její činnost, a její členové jsou voleni valnou hromadou. Výběrem cenných papírů pro obchodování na hlavním trhu a kontrolou emitentů i jejich informační povinnosti se zabývá burzovní výbor pro kotaci. Burzovní výbor pro burzovní obchody vyřizuje návrhy, které souvisí s obchodováním na burze (např. parametry obchodování, zavádění nových produktů atd.). Generální ředitelem BCPP je od 1. září 2004 pan Petr Koblic.

Graf 2.1 Regulované trhy BCPP



Zdroj: Burza cenných papírů Praha (2016), vlastní zpracování

Investiční nástroje jsou na BCPP obchodovány na regulovaných trzích nebo v mnohostranném obchodním systému. Regulované trhy se dále dělí podle náročnosti emisních podmínek na trhy oficiální a regulované. Na oficiální trh cenných papírů jsou přijímány jen emise, které splňují náročné podmínky stanovené oficiálním trhem. Pokud emise plní pouze zákonné podmínky, je obchodována na regulovaném trhu.

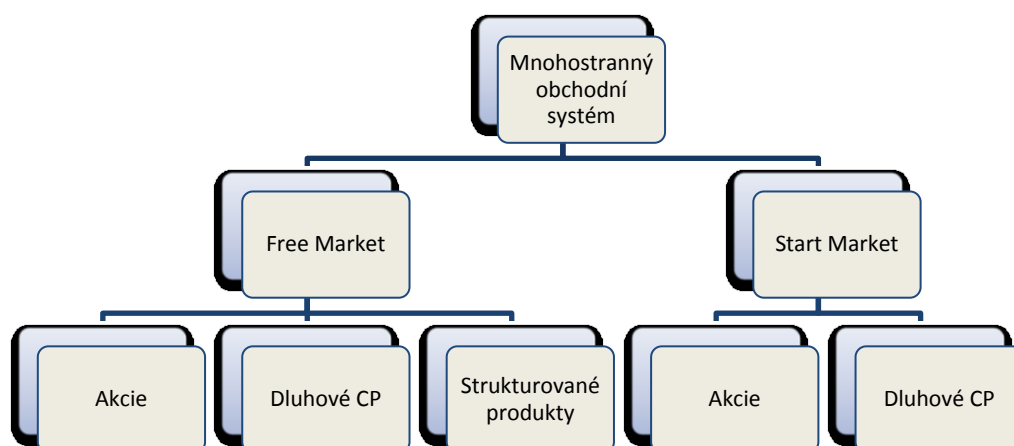
Na BCPP jsou obchodovány akcie, dluhové cenné papíry, strukturované produkty a cenné papíry kolektivního investování. Akcie nalezneme na dvou trzích, Prime Market a Standard Market. Prime Market je určen k obchodům s největšími a nejprestižnějšími emisemi akcií českých i zahraničních společností. Na Standard Market jsou obchodovány menší a méně prestižní emise akcií tuzemských a zahraničních společností. Navíc je možné na něm přijímat k obchodování i akcie bez souhlasu emitenta, pokud jsou už obchodovány na jiném regulovaném trhu v Evropské unii. Na společnosti, které chtějí mít své akcie obchodovatelné na těchto trzích, jsou kladeny náročné požadavky. Společnosti řídící se zákonnými pravidly oficiálního trhu musí splňovat určitá kritéria:

- tržní kapitalizace emise 1 000 000 EUR;
- emise pro veřejnost minimálně 25 %;
- existence emitenta minimálně 3 roky.

Dále musí emitent plnit informační povinnost v jazyce českém, slovenském nebo anglickém.

Dluhopisy jsou také obchodovány na oficiálním i regulovaném trhu podle toho, jaké požadavky emitent splňuje. Na oficiálním trhu musí být minimální emise ve výši 200 000 EUR a přijímány jsou na něj jen největší a nejprestižnější emise, na rozdíl od regulovaného trhu. Obchodovány jsou dluhopisy vydané veřejnou správou, korporacemi či finančními institucemi. Strukturované produkty a cenné papíry kolektivního investování jsou přístupné jen na regulovaném trhu.

Graf 2.2 Mnohostranný obchodní systém BCPP



Zdroj: Burza cenných papírů Praha (2016), vlastní zpracování

Start Market je trh určený pro malé a střední společnosti, aby i ty měli možnost získat finanční prostředky z kapitálového trhu. Tento trh je regulovaný pouze burzou (nejedná se tedy už o regulované trhy popisované výše). Pravidla pro něj byla stanovena takovým způsobem, aby vyhovovala emitentům, ale i zajišťovala dostatečnou likviditu pro investory. Hodí se pro inovativní a dynamicky rostoucí společnosti, které potřebují získat nový kapitál k dalšímu růstu a zvýšit povědomí o své firmě.

3 Popis a metodologie teorie očekávaného užitku a prospektové teorie

Třetí kapitola je věnována teorii očekávaného užitku a prospektové teorii. Nejprve se ale zabývá obecně pojmem rozhodování, který souvisí s celou kapitolou a prací. Poté je popsána teorie užitku a očekávaného užitku, dále jsou uvedeny vzorce pro výpočet základních parametrů aktiv i portfolia aktiv. Ty budou využity v aplikační části spolu s modelem Markowitze, jenž je následně charakterizován. V poslední části je popsána prospektová teorie spolu s uvedením dalších potřebných vzorců a optimalizačního modelu. V první podkapitole bylo čerpáno převážně z literatury Dluhošová (2010). V druhé podkapitole zejména z Fabozzi (2006), Musílek (2011), Dlouhý a Fiala (2009), Zmeškal (2013). Ve třetí podkapitole převážně z Kahneman (2012), Skořepa (2007) a Coelho (2014).

3.1 Rozhodování

Finanční rozhodování může probíhat za třech okolností, a to za určitosti, rizika nebo nejistoty. Při rozhodování za určitosti s jistotou víme, jaká situace nastane, a rozhodnutím jednoznačně stanovíme výsledek. U rozhodování za rizika pracujeme s rozdělením pravděpodobnosti. Každá riziková situace tedy může nastat s určitou pravděpodobností a finanční veličiny, které jsou zde chápány jako náhodné, lze také vyjádřit prostřednictvím rozdělení pravděpodobnosti. Pokud probíhá rozhodování za nejistoty, nelze už situace popsat pomocí rozdělení pravděpodobnosti, ale pouze prostřednictvím intervalů (mezních hodnot).

Ve financích bývá nejčastěji prováděno rozhodování za rizika, při kterém je porovnáváno rozdělení pravděpodobnosti. Rozdělení pravděpodobnosti představuje funkci závislosti pravděpodobnosti na náhodných hodnotách stanovené náhodné veličiny, která může být diskrétní nebo spojitá. Náhodné veličiny lze pomocí rozdělení pravděpodobnosti vyjádřit dvěma způsoby. U prvního způsobu je k dané náhodné hodnotě přiřazena konkrétní pravděpodobnost. Je-li pracováno s diskrétními veličinami, jedná se o funkci rozdělení pravděpodobnosti $p(x)$, pokud jsou použity spojitě veličiny, pak o hustotu rozdělení pravděpodobnosti $f(x)$. Druhý způsob představuje možnost využití kumulativní funkce pravděpodobnosti neboli distribuční funkce $F(x)$. Pro diskrétní náhodnou veličinu ji lze zapsat,

$$F(x) = \Pr(X \leq x), \quad (3.1)$$

což znamená, že kumulativní pravděpodobnost se rovná pravděpodobnosti, že náhodná veličina X je menší nebo rovna veličině x . Pro spojitou veličinu pak platí,

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt. \quad (3.2)$$

Riziko finančních veličin je možné vyjádřit dvěma způsoby, buď to na bázi variability, nebo komplexně. Riziko na bázi variability je měřeno pomocí rozptylu i směrodatné odchylky a nebere se v potaz střední hodnota ani tvar rozdělení pravděpodobnosti. Za méně rizikové aktivum je považováno to, které má nižší hodnotu rozptylu. V druhém případě, u komplexního rozhodování za rizika, jsou srovnávány rozdělení pravděpodobnosti a jejich charakteristiky (střední hodnota, medián, modus) pro dané varianty pomocí vybraných kritérií. Existují dvě skupiny těchto kritérií. První z nich je maximalizace střední hodnoty funkce užitku, druhá skupina je tvořena manažerskými kritérii, jejichž cílem je zamezení velkým ztrátám. K manažerským kritériím lze přiřadit minimalizaci Value at Risk (VaR), podmíněné Value at risk ($CVaR$) nebo kritéria $RAROC$ či $RORAC$.

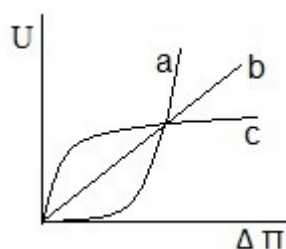
Rozhodování na základě střední hodnoty funkce užitku je postaveno na axiomech, které jsou odvozeny z empirického chování investorů. Řadí se k nim:

- axiom srovnatelnosti – investor je schopen určit preferenci mezi dvěma variantami (určit, která varianta je pro něj lepší) nebo je indiferentní v rozhodování;
- axiom tranzitivity – investor je schopen uspořádat varianty, tzn. má-li na výběr ze tří variant A, B, C a preferuje-li variantu A před B i variantu B před C, pak z tohoto uspořádání vyplývá, že upřednostňuje i variantu A před C;
- axiom substituce – je-li investorem přiřazena stejná pravděpodobnost uskutečnění více variantám, pak lze tyto varianty považovat za obdobné neboli za substituty;

Při rozhodování za rizika je důležitý také jistotního ekvivalent. Ten stanovuje, že ke každé náhodné situaci lze přiřadit hodnotu, tzv. jistotní ekvivalent (CE; často odpovídá bezrizikovému výnosu), a v tom případě je investor indiferentní v rozhodování mezi těmito dvěma variantami, jinými slovy každou hodnotu náhodné hry je možné převést na hodnotu nenáhodné hry.

Dále při tomto rozhodování je nutné stanovit postoj investora k riziku, který je vyjádřen pomocí užitkové funkce. Investoři mohou být rizikově averzní, rizikově neutrální nebo se vyznačovat sklonem k riziku.

Graf 3.1 Užitékové funkce investorů



Zdroj: Damodaran (2008), 13 s., vlastní zpracování

V grafu 3.1 jsou zachyceny užitékové funkce investorů. Užitéková funkce *a* patří investorovi se sklonem k riziku (jeho mezní užitek od určitého bodu roste), užitéková funkce *b* rizikově neutrálnímu investorovi (jeho mezní užitek je stále stejný) a rizikově averznímu investorovi užitéková funkce *c* (od určitého bodu jeho mezní užitek klesá).

3.2 Teorie očekávaného užítu

Teorie užítu je základní ekonomickou teorií a vznikla především za účelem charakteristiky chování spotřebitele. Pod pojmem užitek je myšlena míra uspokojení ze spotřeby daného statku. Spotřebováváním statků a využíváním služeb uspokojuje člověk své potřeby, tudíž jsou pro něho užitečné. Naopak pro jiného člověka může spotřeba těchto statků přinášet minimální užitek. Užitek je tedy subjektivní pojem, který nelze srovnávat mezi lidmi. Na měřitelnost užítu existují dva názory. První názor je, že užitek je měřitelný, a lze jej vyjádřit číslem případně stanovit o kolik nebo kolikrát je jeden statek užitečnější než druhý. Tento názor je zastáván kardinalistickou teorií užítu. Druhý názor je opačný, čili užitek není měřitelný, a je charakteristický pro ordinalistickou teorii užítu. Podle této teorie je jedinec schopen určit, který statek je užitečnější než jiný, ale není možné vyjádřit míru užitečnosti, tedy o kolik je statek užitečnější. V teorii her je teorie užítu využívána pro sestavení výplatních funkcí hráčů.

V návaznosti je další teorií teorie očekávané hodnoty, která stanovuje očekávanou hodnotu jako vážený průměr hodnot všech výsledků, kde pravděpodobnosti daných výsledků jsou zaznamenány příslušnými váhami. Tato teorie byla určitou dobu základním přístupem rozhodování za rizika pro hodnocení variant. V roce 1738 Daniel Bernoulli vyřešil svůj stanovený problém, známý jako Petrohradský paradox, kterým dokázal, že teorie očekávané hodnoty je nedostačující v oblasti rozhodování jedinců za rizika. Důvodem je užitečnost peněz, jelikož s rostoucím bohatstvím užitek z každé další peněžní

jednotky klesá. Užítková funkce je tedy konkávní. Rozhodování se tedy neřídí očekávanou hodnotou, ale očekávaným užtkem (užítkovou funkcí).

Teorie očekávané hodnoty byla nahrazena teorií očekávaného užitku, jelikož bylo zjištěno, že jedinec se nerozhoduje dle střední hodnoty peněžních částek, ale podle jejich střední hodnoty užitku. Správně musí být také zvolena užítková funkce, která by neměla být rostoucí do nekonečna. Dále byla teorie očekávaného užitku upravována Johnem von Neumannem a Oskarem Morgensternem, kteří stanovili soubor axiomů (viz. podkapitola 3.1).

Teorie očekávaného užitku je základem pro moderní ekonomické teorie. Využívána je zejména při rozhodování za rizika. Obecně lze stanovit, že očekávaný užitek náhodných výsledků je dán váženým součtem středních hodnot užitků jednotlivých výsledků. Váhami jsou zde pravděpodobnosti jednotlivých výsledků. Čili je předpokládána kardinální funkce užitku, jelikož je možno přiřadit užtkům konkrétní čísla. Vztah k riziku je dán tvarem užítkové funkce. Funkce jedince averzního k riziku bude konkávní, a naopak konvexní pro člověka vyhledávající riziko (viz. graf 3.1). Předpokladem klasických ekonomických teorií je, že lidé jsou averzní k riziku na základě klesajícího mezního užitku (čím je člověk bohatší, tím užitek z každé další koruny klesá).

I když je teorie očekávaného užitku jednou z hlavních teorií, pomocí které ekonomové stanovují lidské rozhodování za rizika, existují i empirické studie stojící proti ní. První, kdo kritizoval teorii očekávané užitku, byl ekonom Maurice Allais. Ten tvrdil, že v daných specifických situacích lidé mají sklon k porušování axiomů, na nichž je teorie očekávaného užitku založena. Allais sestavil dvojice loterií, přičemž jedna loterie nabízela výsledek s jistotou a druhá s rizikem. Účastníci experimentu si následně měli mezi těmito možnostmi volit. Tímto experimentem chtěl potvrdit svou hypotézu, že jistota zvýší přitažlivost dané varianty a ovlivní i hodnocení všech loterií. Výsledek tohoto experimentu je dnes znám jako Allaisův paradox. Dalšími, kteří spatřovali v teorii očekávaného užitku nedostatky, byli Kahneman a Tversky, autoři prospektové teorie. Tato teorie se stala jednou z nejdůležitějších alternativ při rozhodování za rizika. Více o této teorii v podkapitole 3.3.

3.2.1 Vzorce pro aktiva a portfolio

Před sestavením portfolia je nutné získat a spočítat vstupní data pro jednotlivá aktiva, jimiž jsou: diskrétní výnosy, střední hodnota očekávaného výnosu, rozptyl

a směrodatná odchylka. Nejprve jsou tedy z tržních cen (kurzů akcií) vypočítány diskrétní výnosy dle vzorce,

$$R_{jt} = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}, \quad (3.3)$$

kde R_{jt} je diskrétní výnos j -tého aktiva v čase t , P_t je tržní cena v čase t , P_{t+1} je tržní cena v čase $t+1$.

Poté je střední hodnota očekávaného výnosu aktiva stanovena jako aritmetický průměr z diskrétních výnosů daného aktiva,

$$E(R_j) = \frac{1}{N} \cdot \sum_t R_{jt}, \quad (3.4)$$

kde $E(R_j)$ je střední hodnota očekávaného výnosu j -tého aktiva, N celkový počet období a R_{jt} je výnos j -tého aktiva v období t .

Dalším vzorcem je stanoven vztah pro výpočet rozptylu výnosu daného aktiva,

$$\sigma_j^2 = \text{var}(R_j) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N [R_j - E(R_j)]^2, \quad (3.5)$$

kde $\text{var}(R_j)$ je rozptyl výnosu j -tého aktiva, N je počet období, $E(R_j)$ je střední hodnota výnosu j -tého aktiva a R_j je výnos j -tého aktiva.

Směrodatná odchylka je následně vypočítána jako odmocnina z rozptylu,

$$\sigma(R_j) = \sqrt{\sigma_j^2}, \quad (3.6)$$

kde $\sigma(R_j)$ je směrodatná odchylka výnosu j -tého aktiva a σ_j^2 je rozptyl výnosu j -tého aktiva.

Ze střední hodnoty očekávaného výnosu a směrodatné odchylky pro každé aktivum lze stanoveným postupem vypočítat očekávaný výnos portfolia i jeho směrodatnou odchylku, představující riziko portfolia. Očekávaný výnos portfolia aktiv je tedy dán vztahem,

$$E(R_p) = \sum_j a_j \cdot E(R_j) = \vec{a}^T \cdot (\vec{R}) \quad (3.7)$$

kde $E(R_p)$ je očekávaný výnos portfolia, a_j je podíl j -tého aktiva v portfoliu, $E(R_j)$ je střední výnos j -tého aktiva, \vec{a}^T je vektor a , $E(\vec{R})$ je vektor středního výnosu aktiva.

Směrodatná odchylka portfolia se vypočítá dle rovnice,

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_i \sum_j a_i a_j \sigma_{ij}} = \sqrt{\vec{a}^T \cdot C \cdot \vec{a}}, \quad (3.8)$$

kde σ_p je směrodatná odchylka portfolia, a_i je podíl i -tého aktiva, a_j je podíl j -tého aktiva, σ_{ij} je kovariance i -tého aktiva s j -tým aktivem, \vec{a}^T je vektor a , C je kovarianční matice.

Další potřebnou veličinou je kovariance, která udává statistickou závislost mezi výnosy i -tého a j -tého aktiva, a lze ji zjistit ze vztahu,

$$\sigma_{ij} = \text{cov}(R_i; R_j) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{ij} [R_i - E(R_i)] \cdot [R_j - E(R_j)], \quad (3.9)$$

kde σ_{ij} je kovariance i -tého aktiva s j -tým aktivem, N je počet období, R_i je výnos i -tého aktiva, $E(R_i)$ je střední výnos i -tého aktiva, R_j je výnos j -tého aktiva, $E(R_j)$ je střední výnos j -tého aktiva.

Kovariance nabývá hodnot z intervalu $(-\infty; \infty)$. Kladné hodnoty znamenají pozitivní závislost mezi výnosy jednotlivých aktiv, nula znamená nezávislost a záporné hodnoty negativní závislost. Výpočty kovariance mezi jednotlivými výnosy aktiv se zaznamenávají do tzv. kovarianční matice, která slouží k výpočtu směrodatné odchylky výnosu portfolia.

3.2.2 Markowitzův model

Harry Markowitz se v 50. letech 20. století zabýval teorií portfolia a stanovil její základy. Hlavní myšlenkou teorie portfolia je, jak správně alokovat aktiva, aby bylo dosaženo přiměřeného výnosu ve vztahu k riziku. Základním typem modelu je portfoliový model, který je možné použít, pokud je rozhodováno na jedno období, náhodná veličina je vyjádřena rozdělením pravděpodobnosti, postoj investora k riziku je formulován užitkovou funkcí a předpokládá se určité bohatství na začátku investice. Portfolio modely jsou založeny na kritériu střední hodnoty funkce užitku. Obecně lze portfoliový model zapsat,

$$E[U(\tilde{w})] \rightarrow \max, \quad (3.10)$$

což znamená maximalizaci střední hodnoty funkce užitku daného bohatství.

Řešení modelu není snadné, jelikož závisí na typu užitkové funkce a daném rozdělení pravděpodobnosti, ale pokud splňuje určité předpoklady, pak se dá převést na Mean – variance portfoliový model. K převedení musí splňovat alespoň jednu podmínku ze tří. Podmínky jsou:

- náhodná veličina má normální rozdělení pravděpodobnosti;
- užitková funkce má kvadratický tvar;
- pokud kvadratický tvar nemá, dá se aproximovat Taylorovým rozvojem druhého stupně.

Mean – variance model pro portfolio aktiv je následující,

$$E[U(w)] = E(\tilde{R}_p) - k \cdot \sigma_p^2 \rightarrow \max, \quad (3.11)$$

kde $E(R_p)$ je střední hodnota výnosu portfolia, k vyjadřuje postoj investora k riziku a σ_p^2 je rozptyl portfolia.

Mezi mean-variance modely patří také Markowitzův model. Jedná se o statický model, tedy model na jedno období. Hlavní myšlenkou Markowitzova modelu je sestavení vhodného portfolia, jehož riziko může být nižší než vážený průměr rizik jednotlivých aktiv. Je založen na řadě předpokladů, kterými jsou:

- investování pouze do rizikových aktiv,
- není povolen krátký prodej,
- základními parametry jsou střední hodnota výnosu a rozptyl,
- averze investora k riziku,
- nekonečná dělitelnost aktiv,
- zanedbání transakčních nákladů a daní,
- existence informačně dokonalého kapitálového trhu.

Podle Markowitze jsou rozlišovány tři typy portfolio. Prvním typem je přípustná množina, která je sestavena ze všech kombinací výnosů a daného rizika. Druhým typem portfolio je efektivní množina, která je tvořena takovými kombinacemi očekávaného výnosu a rizika za podmínky, že nelze zlepšit jeden parametr, aniž by došlo ke zhoršení parametru druhého. Obě množiny jsou znázorněny v grafu 3.2. Přípustná množina má deštníkový tvar a efektivní množina je křivka z bodu A do bodu B.

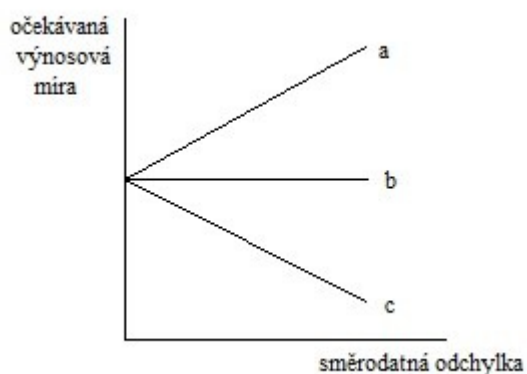
Graf 3.2 Přípustná a efektivní množina



Zdroj: Sharpe (1994), 129 s.

U třetího portfolio je důležitý postoj investora k riziku, který je vyjádřen pomocí indiferenční křivky, jelikož optimální množina je dána průnikem dané indiferenční křivky investora s efektivní množinou. Typy indiferenčních křivek jsou zachyceny v grafu 3.3. Indiferenční křivka *a* je typická pro investora s averzí k riziku, křivka *b* patří neutrálnímu investorovi vůči riziku a poslední indiferenční křivka *c* je investora, který vyhledává riziko.

Graf 3.3 Indiferenční křivky investora



Zdroj: Musílek (2011), 306, 307 s., vlastní zpracování

Při konstrukci efektivní množiny dle Markowitze jsou stanovány tři typy úloh. Na začátku je nutné nalézt krajní body množiny. Jeden je dán portfoliem s minimálním rizikem a druhý portfoliem s maximálním středním očekávaným výnosem, což zahrnuje první dvě úlohy. Třetím úkolem je nalézt vnitřní body efektivní množiny. Pro každou úlohu je stanovena účelová funkce a omezující podmínky modelu.

Matematická formulace Úlohy 1 pro portfolio s minimálním rizikem je,

$$UF1: \quad \sigma_P \rightarrow \min, \quad (3.12)$$

$$P1: \quad \sum_j a_j = 1, \quad (3.13)$$

$$P2: \quad a_j \geq 0, \text{ pro } j = 1, 2, \dots, N. \quad (3.14)$$

Pro Úlohu 1, portfolio s minimálním rizikem, je účelovou funkcí vyjádřena minimalizace rizika prostřednictvím směrodatné odchylky. Směrodatná odchylka portfolia se vypočítá dle (3.8). Omezující podmínky úlohy jsou dvě. První podmínkou P1 je zajištěna možnost investování pouze tolika prostředků, kolik má investor k dispozici, tzn. součet všech relativních podílů a_j v portfoliu musí být roven 1. Druhá podmínka P2 zakazuje možnost krátkého prodeje, tudíž všechny relativní podíly v portfoliu musí být kladné. Jinak je také nazývána podmínkou nezápornosti a N je celkový počet aktiv.

Matematická formulace portfolia s maximálním očekávaným výnosem, Úloha 2, je následující,

$$UF2: \quad E(R_P) \rightarrow \max. \quad (3.15)$$

$$P1: \quad \sum_j a_j = 1, \quad (3.13)$$

$$P2: \quad a_j \geq 0, \text{ pro } j = 1, 2, \dots, N. \quad (3.14)$$

Účelovou funkcí Úlohy 2 je zajištěna maximální hodnota očekávaného výnosu portfolia při daných omezujících podmínkách. Očekávaný výnos portfolia se stanoví podle (3.7). Úloha má dvě omezující podmínky, které jsou shodné s podmínkami v Úloze 1.

Před formulací Úlohy 3 je nutné vypočítat ekvidistantní interval středního výnosu portfolií, pomocí něhož jsou dopočteny ekvidistantní body pro jednotlivá vnitřní portfolia neboli generované očekávané výnosy jednotlivých portfolií.

Ekvidistantní interval je vypočten dle vzorce,

$$ekvidistantní\ interval = \frac{E(R_p^{R\max}) - E(R_p^{\sigma\min})}{d + 1}, \quad (3.16)$$

kde $E(R_p^{R\max})$ je střední hodnota výnosu portfolia s maximálním očekávaným výnosem, $E(R_p^{\sigma\min})$ je střední hodnota výnosu portfolia s minimální směrodatnou odchylkou, d je počet vnitřních portfolií.

Generované ekvidistantní body pro jednotlivá vnitřní portfolia jsou stanovena následujícím vztahem,

$$E(R_{P_v}) = E(R_{P_{v-1}}) + ekvidistantní\ interval, \text{ pro } v = 2, 3, \dots, \quad (3.17)$$

kde $E(R_{P_v})$ je vypočítaná střední hodnota výnosu portfolia V , $E(R_{P_{v-1}})$ je střední hodnota výnosu portfolia $V-1$, V jsou portfolia bez portfolia s minimálním rizikem.

Matematická formulace Úlohy 3 pro vnitřní efektivní portfolia je,

$$UF3: \quad \sigma_p \rightarrow \min, \quad (3.18)$$

$$P1: \quad \sum_j a_j = 1, \quad (3.13)$$

$$P2: \quad a_j \geq 0, \text{ pro } j = 1, 2, \dots, N. \quad (3.14)$$

$$P3: \quad E(R_p) = E(R_{P_{\text{generované}}}). \quad (3.19)$$

Účelová funkce Úlohy 3 je shodná s účelovou funkcí pro Úlohu 1. Obě zajišťují minimalizaci rizika portfolia pomocí směrodatné odchylky, která je vypočtena dle (3.8). Omezující podmínky této úlohy jsou tři. První i druhá podmínka je stejná s předchozími úlohami. Třetí podmínka stanovuje, že očekávaný výnos portfolia se bude rovnat požadované střední hodnotě výnosu v daném ekvidistantním bodě. Úloha slouží k nalezení efektivního portfolia pro předem generované hodnoty očekávaného výnosu portfolia.

3.3 Prospektová teorie

Prospektová teorie přináší odlišný pohled na lidské rozhodování než teorie racionálního užitku. Jejími autory jsou Amos Tversky a Daniel Kahneman. Nejedná se o normativní teorii, ale o vysvětlení reálného chování lidí ve světě a o popisný model rozhodování za nejistoty. Tato teorie byla navržena Tverským a Kahnemanem na základě provedených experimentů, kterými zkoumali způsoby lidského rozhodování a pohled na možné zisky a ztráty. Výsledkem bylo zjištění odlišností v rozhodování lidí od předpokladů teorie očekávaného užitku.

Prospektová teorie vychází z teorie očekávaného užitku, jelikož používá stejný matematický přístup, že lidé maximalizují váženou sumu svých očekávaných užitků. Na rozdíl do teorie užitku, která aplikuje objektivní pravděpodobnostní váhy, teorie prospektů tyto váhy přetváří a nahrazuje je subjektivními vahami. Ty představují vlastní hodnocení dopadu určité události, která se může stát s danou pravděpodobností.

Teorie užitku vychází ze stavu majetku, kdy užitek zisku srovnáváme s užitky dvou stavů majetku (před ziskem a po zisku). Činí-li náš majetek 1 milión Kč, pak užitek ze zisku 500 Kč bude dán rozdílem užitku z 1 000 500 Kč a užitku z 1 miliónu Kč. V případě ztráty 500 Kč bude záporný užitek tvořen také rozdílem užitku z majetku před ztrátou a užitku z majetku po ztrátě. Z toho vyplývá, že v teorii užitku se užitky zisků a ztrát liší pouze svým znaménkem (plus nebo minus). Nelze vyjádřit, že užitek ze ztráty může být větší než užitek ze zisku stejné částky, s čímž prospektová teorie pracuje.

Autoři prospektové teorie se při rozhodování zaměřili na změny stavu majetku a zabývali se i rozdíly mezi riskantními hrami s nízkou a vysokou mírou pravděpodobnosti výhry. V úvahu brali i možnost ztráty ve hře, čímž zjistili, že předpokládaná averze ke ztrátě se v určitých případech může přeměnit v záměrné vyhledávání rizika. Uvažovali se dvěma situacemi, jenž obě nabízely dvě možnosti volby:

- situace A – S jistotou získat 900 Kč nebo 90 % šance získat 1 000 Kč?
- situace B – S jistotou ztratit 900 Kč nebo 90 % šance ztratit 1 000 Kč?

V situaci A by se velká většina lidí rozhodla riziko zavrhnout a přijmout s jistotou 900 Kč, jelikož subjektivní hodnota z této částky bude větší než hodnota z 90 % šance získat 1 000 Kč. V tomto případě by bylo provedeno rozhodnutí v souladu s averzí k riziku. V situaci B by většina lidí podstoupila možné riziko, protože jistá ztráta je pro ně velmi nepříznivá. Preference rizika lze vysvětlit tak, že záporná hodnota ztráty 900 Kč je mnohem větší než 90 % záporná hodnota ztráty 1 000 Kč. Lidé se tedy uchylují k riziku

v těch situacích, kdy jsou pro ně všechny alternativy špatné. Vliv na averzi k riziku i na preferenci rizika má také stanovená míra pravděpodobnosti (90 % versus 100 %).

Teorie užitku neumožňovala jinak pracovat s různými postoji k riziku u potencionálního zisku a ztráty, proto musel být tento odlišný postoj ignorován. Z tohoto důvodu se autoři prospektové teorie zaměřili i na rozdíl v posuzování výsledku jako zisku či ztráty a pozorovali odlišný postoj k rizikům v případě příznivých a nepříznivých možností. Porovnávali další dvě možné situace:

- situace C – Navíc k tomu co vlastníme, dostaneme 1 000 Kč, a poté vybíráme jednu z možností. S jistotou získat 500 Kč nebo 50 % šance získat 1 000 Kč.
- situace D - Navíc k tomu co vlastníme, dostaneme 2 000 Kč, a poté vybíráme jednu z možností. S jistotou ztratit 500 Kč nebo 50 % šance ztratit 1 000 Kč.

Dle teorie očekávaného užitku jsou obě situace zcela shodné a posuzují konečný stav majetku. U jistých možností v obou případech zbohatneme o 1 500 Kč, v případě riskantních her máme 50 % šanci získat 1 000 Kč nebo 2 000 Kč. V situaci C se většina lidí rozhodla pro jistý zisk, naopak v situaci D se většina respondentů přiklonila k možnosti podstoupit riziko. Toto zjištění bylo důležitým protiargumentem vůči hlavní myšlence Bernoulliho teorie. Kdyby měl být užitek majetku nejdůležitějším faktorem při rozhodování, pak by jinak vyjádřené situace měli vést ke stejné volbě. Důležitou roli při rozhodování hraje referenční bod, vůči kterému jsou možnosti hodnoceny. Referenční bod v situaci C je vyšší než současný majetek rozhodovatele o 1 000 Kč, v případě situace D je vyšší o 2 000 Kč. Z toho vyplývá i výsledné rozhodnutí respondentů, jelikož v situaci C být bohatší o 1 500 Kč představuje zisk o hodnotě 500 Kč, na rozdíl od situace D, kde se jedná o ztrátu ve výši 500 Kč.

Informace o přijetí daru v určité hodnotě na počátku každé rozhodovací situace není většinou brána v potaz a je často přehlížena, jelikož je jeho hodnota zahrnuta do referenčního bodu. Postoj k riziku by se tedy s růstem nebo s poklesem majetku neměnil, nejednalo by se o velmi chudého rozhodovatele, na rozdíl od teorie užitku. Z čehož vyplývá, že postoj k zisku a ztrátě není odvozen od hodnoty majetku. Souvisí s pocity rozhodovatele, jelikož se člověku líbí představa zisku určité sumy peněz a nelíbí se mu možnost ztráty stejného obnosu. Změna majetku v tom nehraje zásadní roli. Lidé obecně raději získávají, než ztrácejí. A mnohem více nenávidí ztráty, než mají rádi výhry.

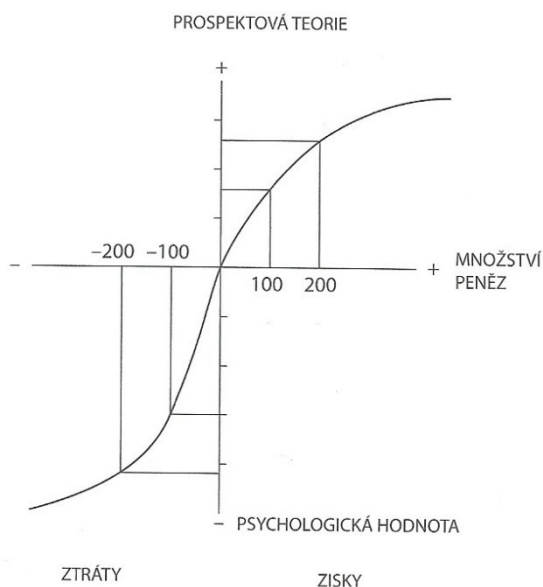
Jádro prospektové teorie je tvořeno třemi principy. Prvním je princip referenčního bodu, což je stav, ke kterému jsou zisky a ztráty hodnoceny. Někdy je tento bod také nazýván adaptační úroveň. Častým referenčním bodem ve financích je původní stav (status

quo) nebo očekávaný výsledek. Všechny výsledky, jež jsou lepší než referenční bod, jsou brány jako zisky. Naopak výsledky pod referenčním bodem jsou brány jako ztráty.

Druhým principem je princip klesající citlivosti, který se týká senzorického vnímání, ale i hodnocení změn majetku. Tento princip lze názorně vysvětlit na příkladu s rozsvícenou a tmavou místností. Pokud v tmavé místnosti rozsvítíme slabé světlo, má toto světlo velký účinek. Naopak v osvětlené místnosti zvýšení množství světla nebude téměř zaznamenáno. Podobně je subjektivně vnímán menší rozdíl mezi 900 Kč a 1 000 Kč než rozdíl mezi 100 Kč a 200 Kč.

Třetím a posledním principem je averze ke ztrátě. Lidé přeceňují možné ztráty a naopak podceňují možné zisky. Ztráta pro ně představuje větší hrozbu než stejný zisk lákadlo. Tato asymetrie mezi pozitivními a negativními očekáváním je přisuzována evolučními vývoji. Vychází z teorie, že organismy, které posuzují za důležitější hrozby než příležitosti, mají větší pravděpodobnost přežití.

Graf 3.4 Hodnotová funkce prospektové teorie



Zdroj: Kahneman (2012), 304 s.

V grafu 3.4 jsou znázorněny všechny tři principy prospektové teorie, a také zachycuje psychologickou hodnotu zisků a ztrát, které jsou „nosiči“ hodnoty prospektové teorie. Graf je referenčním bodem rozdělen na dvě části (pravou a levou). Křivka má tvar písmene S, který vystihuje klesající citlivost na zisky a ztráty, a její dvě části nejsou symetrické. V oblasti ztrát je křivka konvexní a v oblasti zisků konkávní. Hodnotová funkce se v referenčním bodě, bod nula, mění. Z grafu je zřejmé, že reakce na ztráty je mnohem silnější než reakce na zisky o stejné hodnotě.

Autoři se v prospektové teorii zaměřili i na vnímání pravděpodobnosti. Dle teorie očekávaného užítu je užitek riskantní hry průměrem užítků jejich výsledků a každý z nich je vázán svou pravděpodobností. Autoři tvrdí, že princip očekávání nepřesně popisuje to, jak lidé uvažují o pravděpodobnostech v souvislosti s riskantními vyhlídkami. Tuto skutečnost lze demonstrovat na následujícím modelovém příkladu. Ve čtyřech uvedených situacích A až D se šance na získání 1 miliónu Kč vždy zvýší o 5 %:

- situace A – z 0 % na 5 %;
- situace B – z 5 % na 10 %;
- situace C – z 60 % na 65 %;
- situace D – z 95 % na 100 %.

Podle principu očekávání se užitek v každé situaci zvýší o 5 % z užítu získání 1 miliónu Kč. Tato předpověď však nevystihuje prožitek lidí. Změna v situaci A a D je pro ně mnohem atraktivnější než změna v situaci B a C. Zvýšením v situaci A vzniká nová možnost, která dříve neexistovala (šance získat 1 milión Kč). Jedná se o kvalitativní změnu. Naopak zvýšení z 5 % na 10 % představuje pouze změnu kvantitativní. Byla sice zdvojnásobena pravděpodobnost výhry, ale obecně je předpokládáno, že psychologická hodnota zdvojnásobena nebude. Vliv změny z 0 na 5 % představuje tzv. efekt možnosti. Tento efekt způsobuje, že vysoce nepravděpodobným výsledkům jsou přisuzovány váhy disproporčně větší, než by měly být. Druhou kvalitativní změnu ve výběru, jež má velký vliv na rozhodování, lze nalézt v situaci D. Vliv změny z 95 % na 100 % představuje tzv. efekt jistoty, díky němuž jsou výsledkům téměř jistým přiřazovány menší váhy, než by dle svých pravděpodobností měli mít.

Vliv efektu jistoty a efektu možnosti na zisk a ztrátu autoři prospektové teorie zformulovali do tzv. čtyřsložkového modelu. Tento model je zaznamenán v tabulce 3.1.

Tab. 3.1 Čtyřsložkový model

	ZISKY	ZTRÁTY
VYSOKÁ PRAVDĚPODOBNOST Efekt jistoty	95 % šance vyhrát 10 000 Kč Strach ze zklamání AVERZE K RIZIKU Přijetí nepříznivého vyrovnání	95 % šance prohrát 10 000 Kč Naděje na vyhnutí se ztrátě VYHLEDÁVÁNÍ RIZIKA Odmítnutí příznivého vyrovnání
NÍZKÁ PRAVDĚPODOBNOST Efekt možnosti	5 % šance vyhrát 10 000 Kč Naděje na velký zisk VYHLEDÁVÁNÍ RIZIKA Odmítnutí příznivého vyrovnání	5 % šance prohrát 10 000 Kč Strach z velké ztráty AVERZE K RIZIKU Přijetí nepříznivého vyrovnání

Zdroj: Kahneman (2012), 339 s.

Tabulka 3.1 je rozdělena na čtyři kvadranty. První položka v každém kvadrantu udává ilustrativní vyhlídku, druhá položka popisuje emoci z této vyhlídky. Třetí položka charakterizuje chování lidí, pokud je jim nabídnuta volba mezi riskantní hrou a jistým ziskem nebo ztrátou odpovídající jejich očekávané hodnotě. Čtvrtá položka se týká očekávaného postoje žalující a žalované strany při občanském sporu, kteří diskutují o možnosti vyrovnání. V levém horním kvadrantu je obsažen koncept dle Bernoulliho, kde při rozhodování o alternativách s vysokou šancí získat vysoký zisk, mají lidé averzi k riziku a jsou ochotni raději akceptovat menší zisk, než je očekávaná hodnota riskantní hry, aby si zajistili zisk jistý. V levém spodním kvadrantu je pomocí efektu možnosti vysvětlena obliba loterie. Pokud je cena dostatečně vysoká, pak je kupujícímu losu lhostejná nízká pravděpodobnost výhry. Koupí losu si jeho majitel zajistí alespoň možnou šanci na výhru a možnost snít o výhře. Role pojištění je vysvětlena v pravém dolním kvadrantu, jelikož lidé jsou ochotni zaplatit za pojištění více, než by bylo nutné (odpovídat by mělo očekávané hodnotě rizikových alternativ). Ze vzniklého rozdílu pokrývají pojišťovny své náklady a tvoří zisk. Lidé se snaží eliminovat své obavy ze ztráty a přitom kupují i více ochrany proti nepravděpodobným pohromám.

Tyto tři kvadranty nebyly pro autory překvapivé, jelikož mechanismus fungování těchto preferencí byl známý. Čtvrtý kvadrant (vpravo nahoře) byl neočekávaný a nový. Doposud bylo v teoriích pracováno s averzí ke ztrátě, s výjimkou preferování loterie. Z provedeného experimentu autorů bylo zjištěno, že pokud má rozhodovatel na výběr jen z nepříznivých alternativ, pak v oblasti ztrát má stejně silnou tendenci jít do rizika, jako v oblasti zisků riziko odmítnout. Důvodem tohoto rozhodnutí je klesající senzitivita, jelikož jistá ztráta způsobuje velkou averzi i intenzivnější reakci, než je reakce např. na 90 % ztrátu 1 000 Kč. Druhým důvodem může být stanovená rozhodovací váha, která odpovídá pravděpodobnosti 90 %, a jež je obvykle mnohem menší než pravděpodobnost. Z tohoto vyplývá, že pokud je rozhodováno mezi jistou ztrátou a riskantní hrou s vysokou pravděpodobností ztráty, pak klesající senzitivita způsobuje velkou averzi k jisté ztrátě a zároveň efekt jistoty redukuje averzi k riskantní hře. V oblasti pozitivních výsledků naopak tyto stejné faktory zvyšují atraktivitu jistoty a snižují atraktivitu riskantní hry.

Autoři prospektové teorie stanovili dílčí závěry v oblasti lidského rozhodování, kterými jsou:

- nadhodnocování možnosti, jež je brána za jistou a to i v případě, kdy nemusí být nejlepší možnou variantou;
- ochota spokojit se s průměrným ziskem, i v případě možnosti většího výdělku;

- ochota podstoupit riziko, pokud je tím možné eliminovat ztráty (ztráta je lidmi pocíťována 2 krát až 2,5 krát více než zisky);
- tendence k přeceňování malých pravděpodobností a naopak podceňování velkých pravděpodobností.

3.3.1 Vzorce a optimalizační model kumulativní prospektové teorie

V této podkapitole jsou uvedeny vzorce pro výpočet jednotlivých proměnných a optimalizační model k sestavení akciového portfolia. Na začátku je nutné matematicky vyjádřit hodnotovou funkci a způsob výpočtu rozhodovacích vah, aby bylo možné přistoupit k optimalizačnímu modelu.

Hodnotová funkce se obecně vyznačuje třemi vlastnostmi. Je definována pro změny (zisky, ztráty), které respektují referenční bod, je konkávní pro zisky a konvexní pro ztráty a má větší sklon na straně ztrát než zisků. Znázorněna je v grafu 3.4. Matematický zápis hodnotové funkce je následující,

$$v(x_i) = \begin{cases} x_i^\alpha & \text{pro } 0 \leq i \leq n \\ -\lambda(-x_i)^\beta & \text{pro } -m \leq i < 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

kde $v(x_i)$ je hodnota hodnotové funkce i -tého scénáře upravena buď o parametr α pro kladné scénáře, nebo o parametr β a λ pro záporné scénáře, x_i je zisk nebo ztráta i -tého scénáře, i je počet scénářů, m je počet záporných scénářů, n je počet kladných scénářů.

Každý parametr představuje určitou vlastnost investora ve vztahu k zisku a ztrátě. Parametr λ , který může být větší nebo roven jedné, stanovuje stupeň averze ke ztrátě. Čím je tento parametr větší, tím je averze investora ke ztrátě větší. Parametr α reprezentuje rizikovou averzi k zisku a může nabývat hodnot v intervalu $(0;1]$, stejně jako parametr β , který udává rizikovou preferenci ztráty. Hodnota 1 u obou parametrů znamená neutrální postoj investora, naopak hodnota 0,1 představuje vysokou rizikovou averzi k zisku či vysokou rizikovou preferenci ztráty.

Rozhodovací váhy h_i^+ a h_i^- jsou definovány pomocí kumulativní distribuční funkce a lze je vypočítat pomocí následujících výrazů,

$$h_n^+ = f^+(p_n) \quad a \quad h_i^+ = f^+\left(\sum_i^n p_i\right) - f^+\left(\sum_{i+1}^n p_i\right) \quad \text{pro } 0 \leq i \leq n-1, \quad (3.21)$$

$$h_{-m}^- = f^-(p_{-m}) \quad a \quad h_i^- = f^-\left(\sum_{-m}^i p_i\right) - f^-\left(\sum_{-m}^{i-1} p_i\right) \quad \text{pro } 1-m \leq i \leq 0, \quad (3.22)$$

kde f^+ i f^- jsou pravděpodobnosti váhové funkce, které jsou schopné zachytit investorovu pravděpodobnost zkreslenou o psychologické faktory. Protože jsou rozdíly mezi parametry

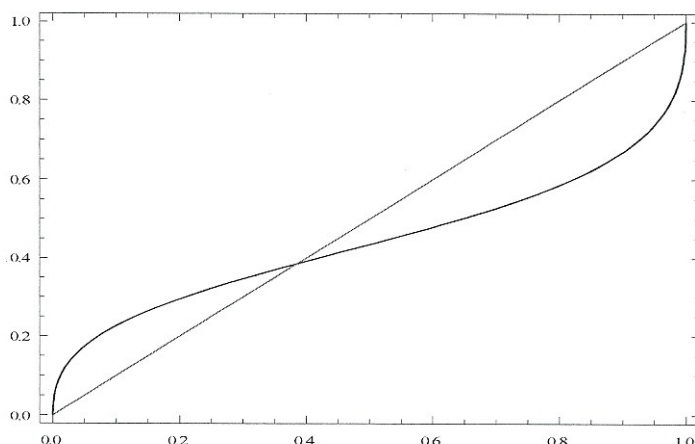
pozitivní a negativní funkce velmi malé, nebude k těmto rozdílům přihlíženo. Funkce f je striktně rostoucí v celém intervalu $[0;1]$, kde $f(0) = 0$ a $f(1) = 1$.

V této práci bude stanovena pravděpodobnost dle normálního rozdělení a ovlivněna dvěma parametry tímto způsobem,

$$f^+(p) = f^-(p) = \frac{\delta \cdot p^\gamma}{\delta \cdot p^\gamma + (1-p)^\gamma}, \quad (3.23)$$

kde δ a γ jsou parametry pravděpodobnostní váhové funkce, p je pravděpodobnost.

Graf 3.5 Váhová funkce



Zdroj: Coelho (2014), 6 s.

V grafu 3.5 je zachycena váhová funkce, která je schopna zachytit dva typy chování, sníženou citlivost a atraktivitu. Snížená citlivost je zachycena parametrem γ , jelikož zvýšení pravděpodobnosti má větší efekt na funkci tehdy, jestliže je pravděpodobnost blíže jejímu extrémnímu bodu, než pokud nabývá průměrnou hodnotu. Jinými slovy vzdalujeme-li se po vodorovné ose od bodu 0 a od bodu 1 dovnitř intervalu $(0;1)$, pak funkce mění svou hodnotu rychle. Uprostřed intervalu mění hodnotu výrazně pomaleji. Distribuční funkce je, stejně jako hodnotová funkce, konvexní i konkávní (blízko 0 konkávní, a naopak blízko 1 konvexní). Pravděpodobnosti váhové funkce můžou být nižší nebo vyšší než ty dané přímkou pod úhlem 45 stupňů, a také distribuční funkce kříží osu v určitém bodě. Čím vyšší je funkce, tím větší je atraktivita aktiva pro investora při jeho rozhodování. Tato vlastnost je zachycena parametrem δ .

Účelová funkce dle prospektové teorie je definována hodnotou $V(y)$, která se rovná součtu kladných a záporných složek. Ty lze vypočítat váženým součtem podle vztahu,

$$V(y) = V(y^-) + V(y^+) = \sum_{i=-m}^0 h_i^- \cdot v(x_i) + \sum_{i=0}^n h_i^+ \cdot v(x_i), \quad (3.24)$$

kde h_i je rozhodovací váha i -tého scénáře, $v(x_i)$ je hodnota hodnotové funkce pro i -tý scénář, i je počet scénářů, m je počet záporných scénářů a n je počet kladných scénářů.

Další část této podkapitoly je věnována modelu. Tento model vychází z optimalizačního Mean – Variance modelu, který umožňuje vytvořit efektivní portfolia na základě výnosu a rizika. Investor se poté na základě svých preferencí rozhodne pro optimální portfolio. S modelem dle prospektové teorie se nepracuje tímto způsobem. Preference investora jsou včleněny pomocí parametrů do hodnotové funkce, proto výsledné portfolio představuje přímo optimální portfolio a ne jen efektivní portfolio.

Matematická formulace optimálního portfolia dle prospektové teorie, Úloha 4, je následující,

$$\max V(y) = \sum_{i=-m}^0 h_i^- \cdot v(x_i) + \sum_{i=0}^n h_i^+ \cdot v(x_i), \quad (3.25)$$

$$P1: \quad \sum_{j=1}^k a_j = 1, \quad (3.26)$$

$$P2: \quad a_j \geq 0, \quad (3.27)$$

$$x_i = \sum_{j=1}^k r_{ij} \cdot a_j \quad \text{pro} \quad i = m + n, \quad (3.28)$$

kde h_i je rozhodovací váha i -tého scénáře, $v(x_i)$ je hodnota hodnotové funkce pro i -tý scénář, i je počet scénářů, m je počet záporných scénářů, n je počet kladných scénářů, a_j je podíl j -tého aktiva v portfoliu, k je celkový počet aktiv, x_i je výnos pro i -tý scénář, r_{ij} je výnos i -tého scénáře a j -tého aktiva. Proměnná x_i může nabývat jakýkoliv hodnot.

Účelová funkce Úlohy 4 dle (3.24) je maximalizována za dvou omezujících podmínek P1 a P2. První podmínka P1 stanovuje, že se celková investice (suma všech podílů v portfoliu) musí rovnat jedné neboli 100 %. Podíly v portfoliu musí být větší nebo rovny nule, což je zajištěno druhou podmínkou P2. Očekávaný výnos portfolia je vypočten dle (3.7) a směrodatná odchylka portfolia podle (3.8). Při optimalizaci je pracováno se stanovenými scénáři. Vybráno bylo pět scénářů, jejichž výnosy byly definovány pomocí střední hodnoty a směrodatné odchylky jednotlivých aktiv následujícím způsobem: $\mu - 2\sigma$, $\mu - \sigma$, μ , $\mu + \sigma$, $\mu + 2\sigma$. Z těchto scénářů a jednotlivých aktiv vznikla matice r_{ij} , která je potřebná k výpočtu hodnot x_i spolu s jednotlivými podíly v portfoliu, čímž jsou zjištěny výnosy pro každý scénář. Tyto výnosy (hodnoty x_i) jsou následně upravovány dle (3.20) a ovlivňovány rozhodovacími váhami v účelové funkci.

Po stanovení optimálních portfolií budou vypočítány dvě doplňující úlohy, Úloha 5 a Úloha 6. Jejich optimalizační model se shoduje s Úlohou 4, ale navíc je rozšířen o následující omezující podmínky,

$$P3: \quad \sigma_P = \sigma_{P-\text{efektivní o. portfolio}}, \quad (3.29)$$

$$P4: \quad E(R_P) = E(R_{P-\text{efektivního portfolio}}). \quad (3.30)$$

Podmínka P3, využitá v Úloze 5, zajišťuje, že se směrodatná odchylka počítaného portfolia bude rovnat zvolené směrodatné odchylce z efektivní portfolia vytvořené podle Markowitzova modelu. Podmínka P4, použitá v Úloze 6, stanovuje, že očekávaný výnos počítaného portfolia bude roven zadanému očekávanému výnosu z efektivního portfolia.

4 Aplikace vybraných teorií na optimalizaci akciového portfolia

V této části práce jsou aplikovány popsané modely na akciová portfolia. Vstupní údaje pro výpočty, denní kurzy deseti akcií, byly zjišťovány z Frankfurtské burzy za období od 2. listopadu 2015 do 18. března 2016. Nejprve bude vytvořeno deset efektivních portfolií dle Markowitzova modelu, poté budou optimalizována portfolia dle prospektové teorie v závislosti na změnách jednotlivých parametrů. Nakonec budou sestavena optimální portfolia pro požadované hodnoty výnosu resp. rizika pro investora se stanoveným postojem k zisku a ztrátě. Jednotlivá portfolia budou hodnocena hlavně podle jejich složení, ale také podle očekávaného výnosu či rizika.

V první podkapitole jsou popsány jednotlivé vybrané akcie i jejich vývoj v daném období a vypočteny základní veličiny pro každou z nich. V druhé podkapitole je vytvořena efektivní množina podle Markowitzova modelu. Třetí podkapitola obsahuje sestavení optimálních portfolií dle prospektové teorie spolu s rozšiřujícími úlohami a v poslední podkapitole jsou shrnuty výsledky.

4.1 Popis akcií

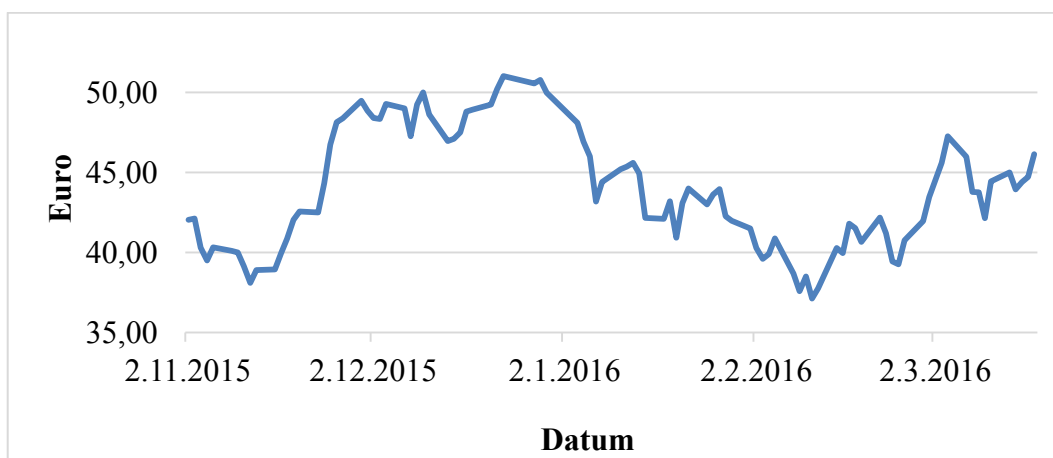
Za účelem sestavení portfolií bylo vybráno deset akciových titulů z Frankfurtské burzy. Společnosti, jejichž akcie byly použity, jsou: Porsche Automobil Holding SE, RWE AG, Deutsche Lufthansa AG, Adidas Group, Facebook Inc., Verizon Communications Inc., Cancom, NorCom Information Technology AG, GEA Group AG a Lotto 24. Denní kurzy akcií těchto společností byly zjišťovány za období od 2. listopadu 2015 do 18. března 2016.

4.1.1 Porsche Automobil Holding SE

Porsche Automobil Holding SE je holdingová společnost působící převážně v automobilovém průmyslu. Nejedná se však o výrobce automobilů, jak by název mohl napovídat. Jedná se o většinového vlastníka akcií koncernu Volkswagen Group, který čítá v současné době dvanáct automobilových závodů v Evropě. Mezi ně patří vozy osobní dopravy jako například Audi, Bugatti, Volkswagen, Porsche nebo Škoda. Dále se zaměřuje také na vozy nákladní přepravy, jako jsou MAN či Scania. Holding má v budoucnu v plánu investovat i do dalších segmentů automobilového průmyslu. Převážně se bude jednat o výrobní a technologické závody, pomocí kterých rozšíří portfolio investic v rámci

Volkswagen Group. Porsche Automobil Holding SE vznikl dne 26. června 2007. Tržní kapitalizace akcí holdingu je 6,76 miliardy euro.

Graf 4.1 Vývoj akcie Porsche Automobil Holding SE



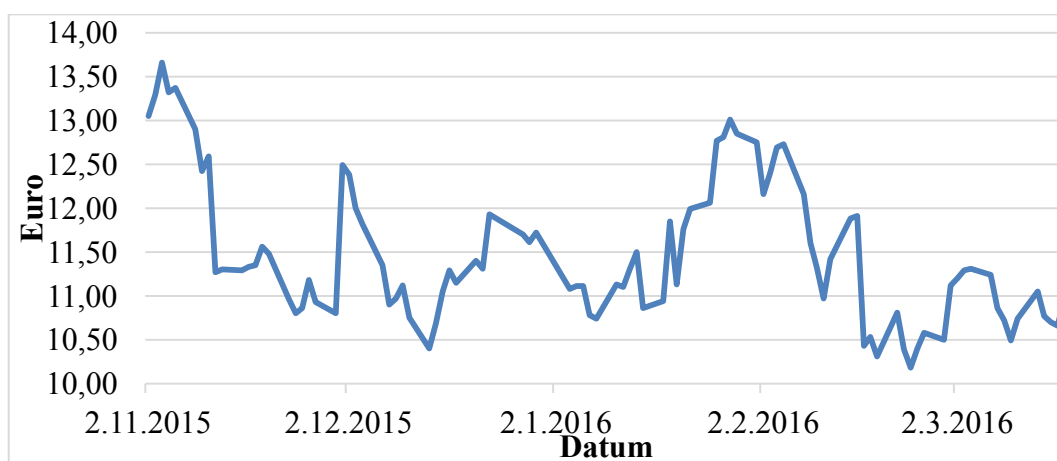
Zdroj: Burza Frankfurt

Ve sledovaném období na burze ve Frankfurtu byla cena akcií podle grafu 4.1 průměrně 43,86 euro, minimální hodnota činila 37,12 euro a maximální hodnota 51,02 euro.

4.1.2 RWE AG

Koncern RWE působí v několika zemích Evropy a zaměřuje se na trh s elektřinou a plynem. Kromě poskytování uvedených komodit koncern staví vlastní elektrárny a pomáhá svými odbornými znalostmi při těžbě ropy, uhlí a při přepravě těchto komodit. Společnost byla založena v roce 1898 v německém Essenu. V Evropě se řadí mezi největší dodavatele obou komodit (elektřina i plyn). V České republice zaujímá vyšší postavení na trhu s plynem. V rámci koncernu RWE funguje řada obchodních společností jako např. RWE International SE, RWE Generation nebo RWE Supply and Trading. Tržní kapitalizace akcií společnosti činí 6,84 miliardy euro.

Graf 4.2 Vývoj akcie RWE AG



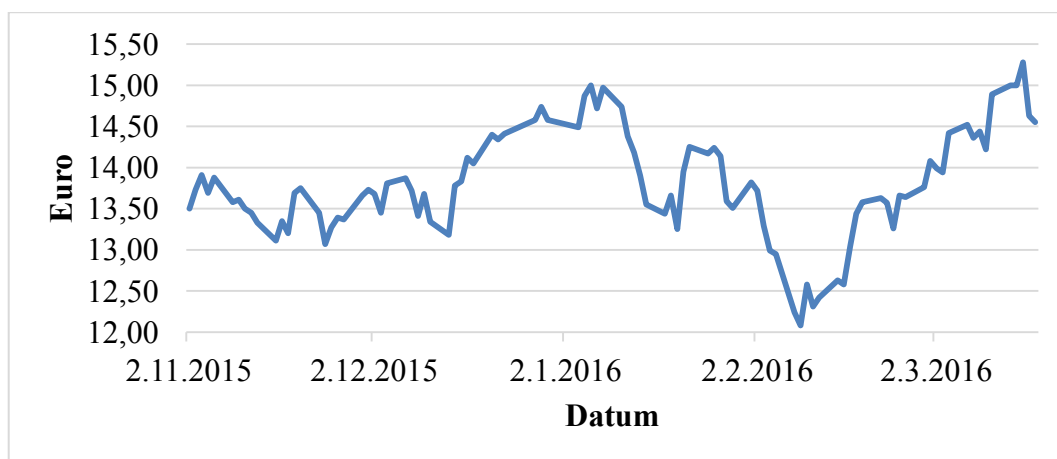
Zdroj: Burza Frankfurt

Během sledovaného období na Frankfurtské burze cena akcií RWE průměrně vykazovala 11,47 euro. Minimální a maximální hodnota činila 10,18 euro, respektive 13,66 euro. Vývoj ceny této akcie je uveden v grafu 4.2.

4.1.3 Deutsche Lufthansa AG

Lufthansa je celosvětovou leteckou společností, která spojuje 540 dceřiných společností. Tyto společnosti se kromě letecké přepravy zaměřují například na poskytování stravování, poradenské činnosti nebo logistické práce. Původ Lufthansy je datován do roku 1953. V letecké dopravě se Lufthansa skládá z linek Germanwings a Euroswings a leteckých společností SWISS a Austrian Airlines. Po rozšíření svého portfolia Lufthansa přejala také Brussels Airlines a SunExpress. Tržní kapitalizace akcií činí 6,51 miliard eur.

Graf 4.3 Vývoj akcie Deutsche Lufthansa AG



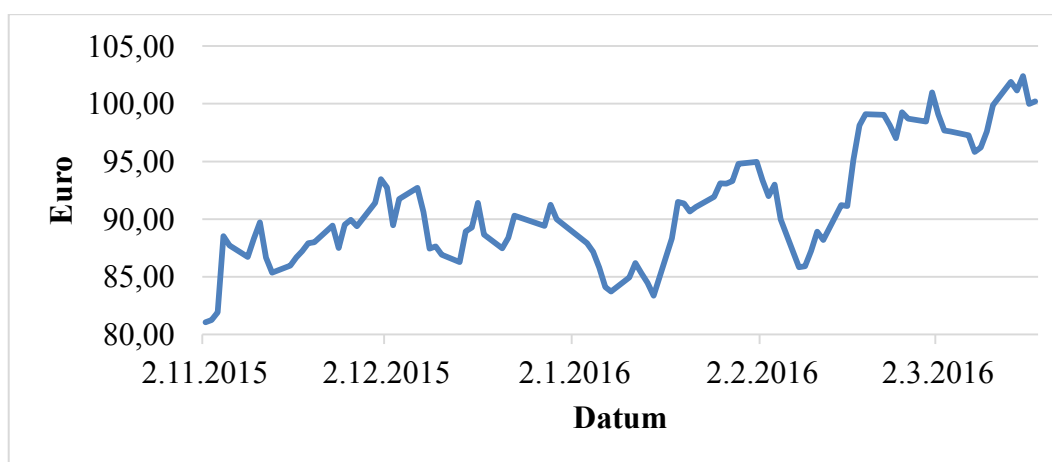
Zdroj: Burza Frankfurt

Jak vyplývá z grafu 4.3, minimální cena akcie Deutsche Lufthansa AG ve sledovaném období činila 12,08 euro. Nejvyšší zaznamenaná cena byla 15,28 euro. Průměrná cena akcie byla 13,79 euro.

4.1.4 Adidas Group

Adidas Group působí na trhu sportovního zboží a skládá se ze značek Adidas, Reebok a TaylorMade. Adidas se zaměřuje na potřeby sportovců, Reebok cílí na fitness potřeby a TaylorMade dodává sportovní potřeby golfistům. Tímto rozvržením portfolia se Adidas Group snaží poskytnout nejlepší péči svým zákazníkům a získat náskok před konkurencí. Zaměřuje se na tři klíčové oblasti. Jedná se o rychlost (dodání sportovních potřeb), města (jedná se o šest měst, ve kterých chce zvýšit podíl na trhu) a open source (sportovci, dodavatelé a partneři se stávají součástí značky). Samotné založení Adidas Group spadá do roku 1924, kdy Adi Dassler založil Gebrüder Dassler Schuhfabrik. Tržní kapitalizace akcií je 21,47 miliardy euro.

Graf 4.4 Vývoj akcie Adidas Group



Zdroj: Burza Frankfurt

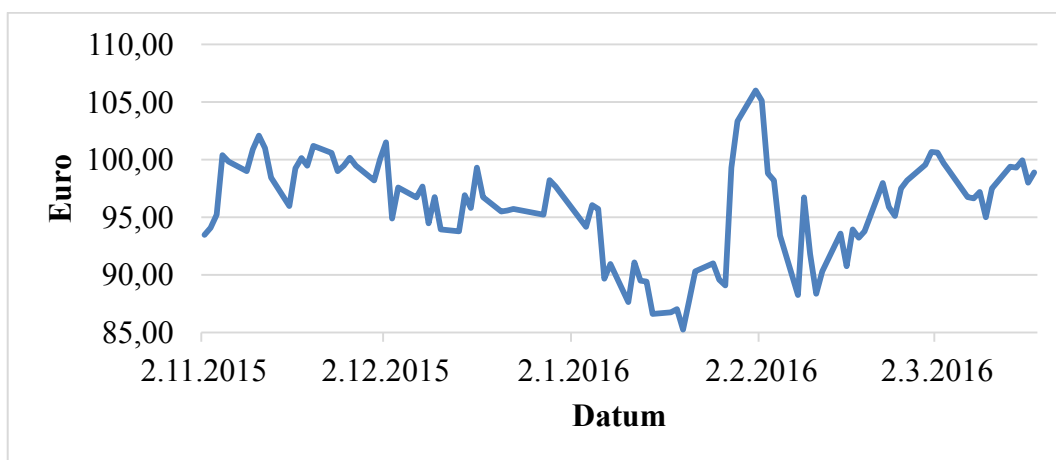
Jak je patrné z grafu 4.4, minimální hodnota akcie Adidas Group ve sledovaném období činila 81,05 euro. Naopak nejvyšší hodnota činila 102,40 euro. Průměrná hodnota byla 91,13 euro.

4.1.5 Facebook Inc.

Facebook Incorporated vznikla 29. 7. 2004 a jedná se o celosvětovou sociální síť. Svým zaměřením umožňuje uživatelům sdílení informací za pomoci mobilní zařízení i počítačů. Dále poskytuje marketingové a vývojářské služby. Mezi nejznámější výrobky se řadí Facebook, Messenger, Instagram a WhatsApp. Mezi dceřiné společnosti lze zařadit

například Andale Inc., Facebook Operations nebo LLC. Hlavním konkurentem je společnost Google. Tržní kapitalizace akcí společnosti činí 242,18 miliard eur.

Graf 4.5 Vývoj akcie Facebook Inc.



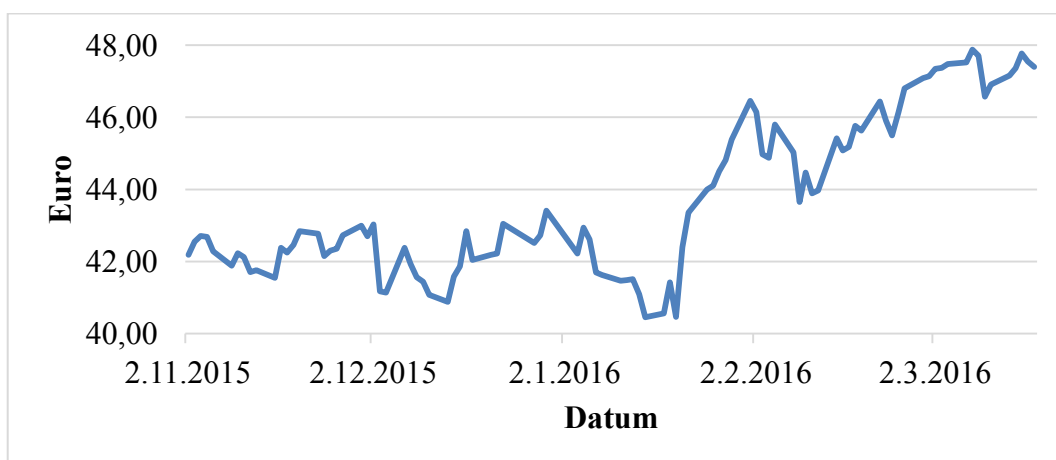
Zdroj: Burza Frankfurt

Podle grafu 4.5 se minimální hodnota akcie Facebook Inc. pohybovala ve sledovaném období na hodnotě 85,24 euro. Nejvýše se hodnota dostala na 106 euro. Průměrná hodnota během období činila 96,01 euro.

4.1.6 Verizon Communications Inc.

Verizon Communications Inc. bylo založeno v roce 2000 v New Yorku. Vzniklo spojením Bell Atlantic Corp. a GTE Corp. Jedná se americkou telekomunikační společnost provozující americkou telekomunikační síť 4G LTE a zaměřuje se na bezdrátové, optické a celosvětové IP sítě. Působí ve 150 zemích světa a má pobočky ve 2 700 městech. Společnost má tržní kapitalizaci akcí o hodnotě 193,08 miliard euro.

Graf 4.6 Vývoj akcie Verizon Communications Inc.



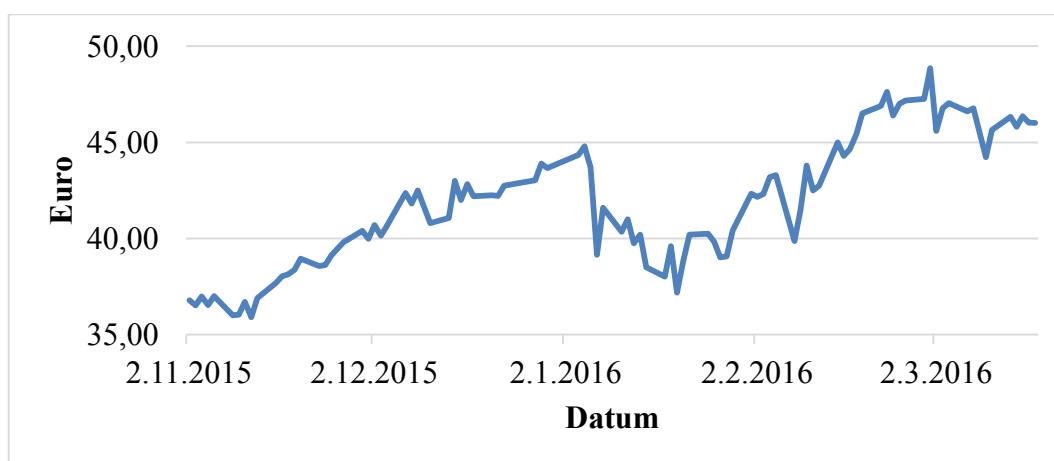
Zdroj: Burza Frankfurt

Minimální cena akcie společnosti Verizon Communications Inc., podle grafu 4.6, činila ve sledovaném období 40,45 euro. Maximální cena naopak činila 47,88 euro. Průměrná cena akcie měla hodnotu 43,71 euro.

4.1.7 Cancom

Společnost Cancom poskytuje IT služby a IT infrastrukturu na území Německa a Rakouska. Dále se zaměřuje na poradenství v oblasti informačních technologií, design a architekturu informačního prostředí, integraci technologií, provoz systémů včetně outsourcingu a také na prodej hardwaru a softwaru. Cancom byl založen v roce 1992. Tržní kapitalizace akcií firmy činí 753,43 milionů euro.

Graf 4.7 Vývoj akcie Cancom



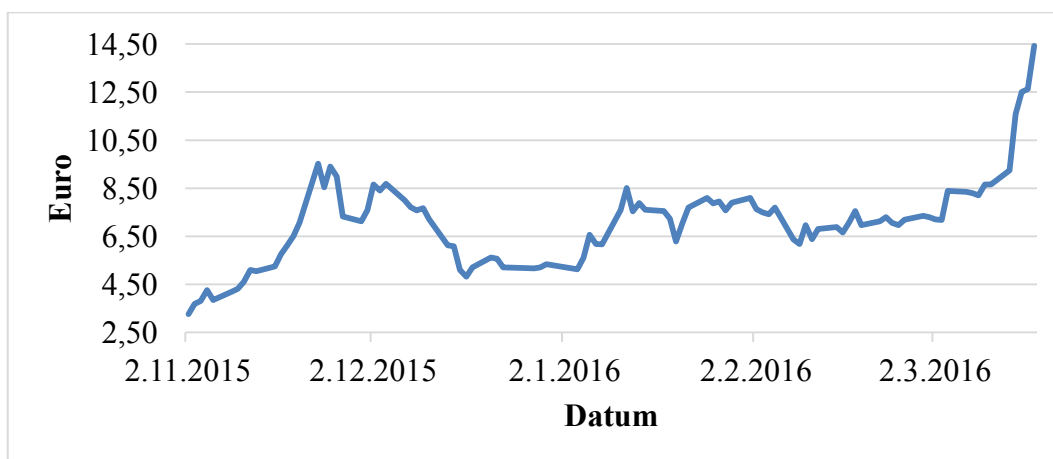
Zdroj: Burza Frankfurt

Jak je patrné z vývoje grafu 4.7, nejnižší hodnota akcií společnosti Cancom byla 35,90 euro. Na druhou stranu, nejvyšší hodnota byla 48,86 euro. Průměrná hodnota činila 41,85 euro. To vše během sledovaného období.

4.1.8 NorCom Information Technology AG

Společnost NorCom AG byla založena v roce 1989 jako společnost s ručením omezeným. V roce 1999 se transformovala v akciovou společnost. Jedná se o mnichovskou IT společnost specializující se na zpracování velkoobjemových dat. Předními zákazníky v Německu jsou spolkové úřady. NorCom AG má tři dceřiné společnosti. Jsou jimi NorCom Systems Technology GmbH, Maxi Media Technologies GmbH a NorCom Information Technology Inc. Tržní kapitalizace akcií firmy je 33,14 milionů euro.

Graf 4.8 Vývoj akcie NorCom Information Technology AG



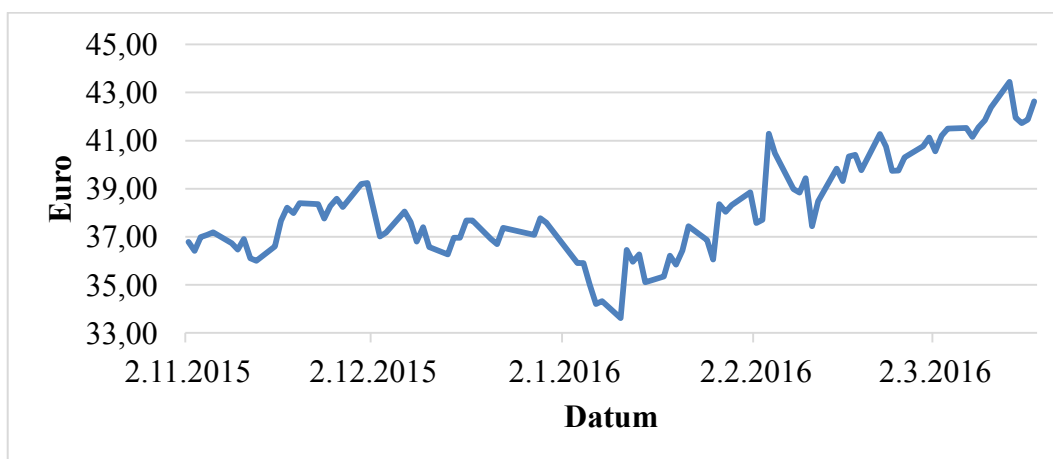
Zdroj: Burza Frankfurt

Jak vyplývá z grafu 4.8, minimální a maximální hodnota akcie společnosti NorCom Information Technology AG činila ve sledovaném období 3,26 euro, respektive 14,42 euro. Průměrná hodnota byla 7,09 euro.

4.1.9 GEA Group AG

GEA Group AG je jednou z největších dodavatelských společností pro zpracovatelský průmysl. Převážně pro potravinářský, který činí 70 % její činnosti. Dále se jedná například o chemický průmysl nebo oblast námořní přepravy. Dodává technologie a komponenty pro výrobní procesy. Ve svých pobočkách po celém světě do konce roku 2015 zaměstnávala 17 500 lidí. Založena byla v roce 1881. Tržní kapitalizace akcií je 8,03 miliardy euro.

Graf 4.9 Vývoj akcie GEA Group AG



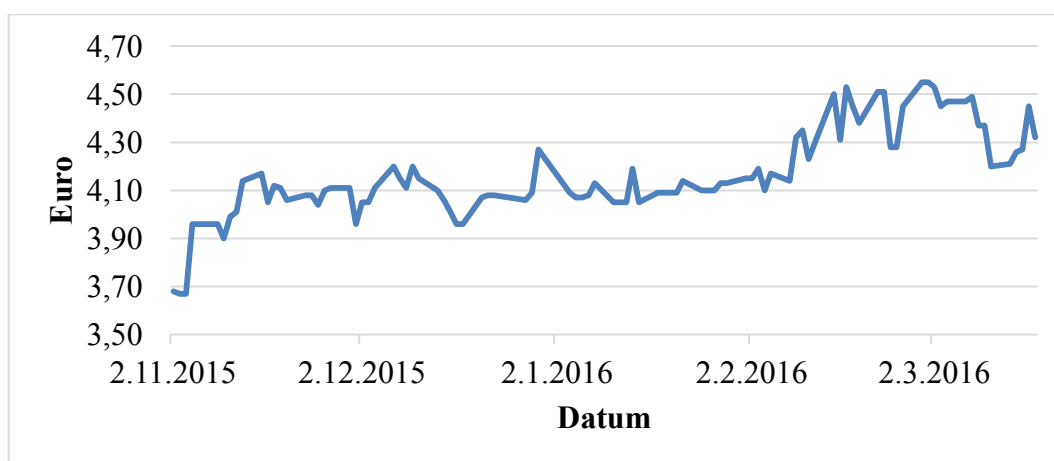
Zdroj: Burza Frankfurt

Z výsledného grafu 4.9 je patrné, že nejnižší hodnota akcie společnosti GEA Group AG činila 33,61 euro. Nejvyšší hodnota byla neměřena ke konci sledovaného období a činila 43,45 euro. Průměrná hodnota za celé období byla 38,23 euro.

4.1.10 Lotto24 AG

Akciová společnost Lotto24 je německá, převážně internetová, společnost poskytující loterijní licence. Nenese však riziko sázek, působí pouze jako zprostředkovatel a pobírá marži. Zprostředkovává nabídky společností jako například Eurojackpot, Keno nebo Spiel 77. Zaměřuje se na poskytování bezpečného a moderního přístupu k loteriím. Společnost byla založena v roce 2010. Tržní kapitalizace akcií činí 102,63 milionů euro.

Graf 4.10 Vývoj akcie Lotto24 AG



Zdroj: Burza Frankfurt

Podle grafu 4.10 byla nejnižší hodnota akcie společnosti Lotto24 AG během sledovaného období 3,67 euro. Naopak nejvýše se dostala na hodnotu 4,55 euro. Průměrná hodnota za celé sledované období činila 4,17 euro.

4.1.11 Vstupní data akcií

Z výše popsaných akcií a jejich kurzů z období od 2. listopadu 2015 do 18. března 2016 byly vypočteny diskrétní výnosy akcií podle (3.3), které jsou uvedeny v příloze č. 2. Z těchto údajů byla dále zjištěna střední hodnota očekávaného výnosu pro každou akcii pomocí (3.4). Podle (3.5) byl vypočten rozptyl akcií a jejich směrodatná odchylka dle (3.6). Tyto vstupní údaje potřebné k dalším výpočtům a optimalizaci portfolia jsou shrnuty v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Střední hodnota očekávaného výnosu, rozptyl a směrodatná odchylka akcií

Označení	Akcie	$E(R_j)$	$\sigma^2(R_j)$	$\sigma(R_j)$
A1	Porsche Automobil Holding	0,138%	0,00079	2,809%
A2	RWE	-0,116%	0,00133	3,645%
A3	Deutsche Lufthansa	0,100%	0,00042	2,055%
A4	Adidas	0,244%	0,00041	2,022%
A5	Facebook	0,101%	0,00085	2,915%
A6	Verizon Communications	0,133%	0,00020	1,423%
A7	Cancom	0,273%	0,00075	2,730%
A8	NorCom Information Technology	1,949%	0,00770	8,774%
A9	GEA Group	0,182%	0,00054	2,332%
A10	Lotto 24	0,191%	0,00045	2,131%

Zdroj: vlastní výpočty

Z tabulky 4.1 je zřejmé, že minimální střední hodnotu očekávaného výnosu lze nalézt u akcie společnosti RWE (A2) ve výši - 0,116 %. Naopak maximální střední hodnota očekávaného výnosu 1,949 % patří akcii společnosti NorCom Information Technology (A8). Tato akcie se vyznačuje také maximální hodnotou směrodatné odchylky ve výši 8,774 %, tudíž ji lze označit za nejrizikovější a nejvýnosnější aktivum. Nejnížší hodnota směrodatné odchylky 1,423 % patří akcii společnosti Verizon Communications, proto se jedná o nejméně rizikovou akcii z výběru.

4.2 Efektivní množina dle Markowitzova modelu

Efektivní množina byla vypočtena dle popisu v podkapitole 3.2.2. K řešení byl využit Microsoft Excel. Úlohy byly řešeny pomocí Řešitele jako úlohy nelineárního programování. Celkem bylo sestaveno deset portfolií, jež jsou označeny písmeny od A po J dle anglické abecedy. Pod portfoliem A je skryto portfolio s minimálním rizikem (popisováno jako Úloha 1). Krajním portfoliem J je označeno portfolio s maximálním očekávaným výnosem (popisováno jako Úloha 2). Portfolia B až I jsou vnitřní portfolia, která jsou sestavena podle Úlohy 3.

Očekávaný výnos portfolia byl vypočten dle (3.7) a směrodatná odchylka portfolia podle (3.8). K výpočtu směrodatné odchylky bylo potřeba vytvořit kovarianční matici dle (3.9), která je uvedena v příloze č. 3. Portfolio s minimálním rizikem bylo vytvořeno dle (3.12), (3.13) a (3.14). Portfolio s maximálním očekávaným výnosem bylo sestaveno dle (3.15), (3.13) a (3.14). Hodnota ekvidistantního intervalu byla vypočtena podle (3.16). Tato hodnota činila 0,199 %. Generované očekávané výnosy portfolií byly vypočítány dle (3.17) a stanovovaly očekávané výnosy vnitřních portfolií. Vnitřní portfolia (B až I) byla sestavena dle (3.18), (3.13), (3.14) a (3.19).

Tab. 4.2 Podíly akcií v efektivních portfoliích

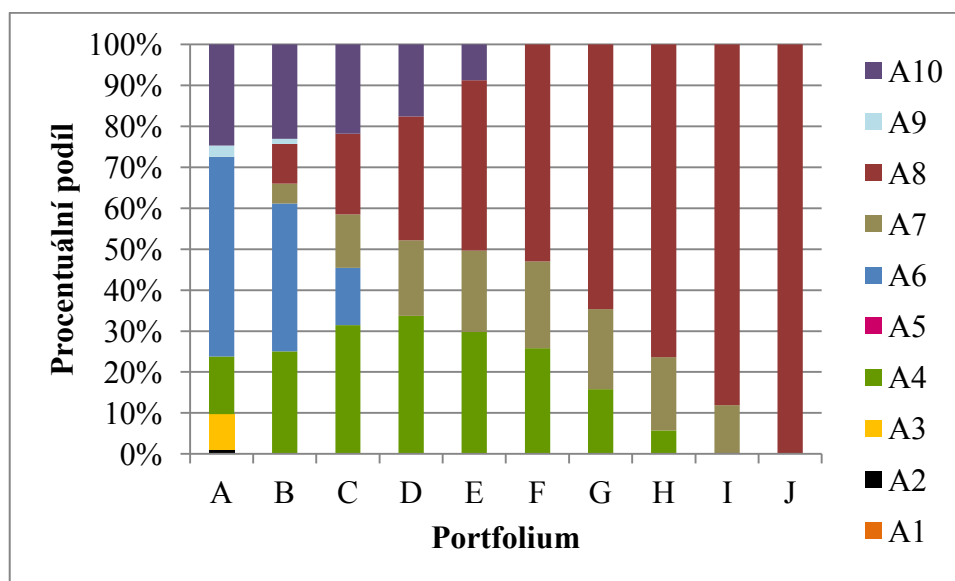
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,140	0,251	0,314	0,337	0,298	0,258	0,158	0,058	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A6	0,488	0,361	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A7	0,000	0,048	0,130	0,185	0,199	0,212	0,195	0,179	0,119	0,000
A8	0,000	0,097	0,197	0,302	0,416	0,530	0,647	0,764	0,881	1,000
A9	0,027	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A10	0,247	0,231	0,218	0,176	0,087	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σa_j	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Zdroj: vlastní výpočty

V tabulce 4.2 jsou zaznamenány akciové podíly v jednotlivých portfoliích. Portfolio A je tvořeno šesti akciemi. Největší podíl 48,8 % mají akcie společnosti Verizon Communications (A6), následně s 24,7 % akcie Lotto24 (A10), 14 % akcie Adidas (A4), 8,6 % akcie Deutsche Lufthansa (A3), 2,7 % akcie GEA Group (A9) a nejmenší podíl 1,1 % akcie RWE (A2). V tomto případě patří největší podíl akcii s nejmenší směrodatnou odchylkou z výběru a zajímavé je, že nejmenší podíl patří akcii, jejíž střední hodnota očekávaného výnosu je záporná. Portfolio s maximálním očekávaným výnosem (portfolio J) je ze 100 % tvořeno akciemi společnosti NorCom Information Technology (A8). Tato akcie se vyznačuje největší střední hodnotou očekávaného výnosu z vybrané množiny variant, ale také největším rizikem. Vnitřní portfolia jsou tvořena převážně akciemi společností Adidas (A4), Cancom (A7), NorCom Information Technology (A8) a Lotto24 (A10). V žádném portfoliu se nevyskytují akcie společnosti Porsche Automobil Holding

(A1) a Facebook (A5). Změny v podílech akcií v jednotlivých portfoliích A až J jsou graficky zachyceny v následujícím grafu 4.11.

Graf 4.11: Podíly akcií v efektivních portfoliích



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.11 je zřejmé, že portfolio A a B je složeno ze šesti akcií, portfolio C z pěti akcií, portfolio D a E ze čtyř akcií, portfolio F, G a H ze tří akcií, portfolio I ze dvou akcií a portfolio J pouze z jedné akcie. Podíl akcií, které byly nejvíce zastoupeny v portfoliu A (akcie A6 a A10), s rostoucím rizikem portfolia postupně klesají, jelikož jsou to akcie s nízkou hodnotou směrodatné odchylky, tzn. s nízkým rizikem. Od portfolia B jsou zařazeny i akcie A7 a A8, což jsou akcie, které se vyznačují dvěma nejvyššími středními hodnotami očekávaného výnosu. Akcie A7 v portfoliích C až H zastupuje zhruba konstantní podíl. Naproti tomu podíl v portfoliu akcie A8, s rostoucím rizikem portfolia, stále výrazně roste. Významný podíl v portfoliu A i ve vnitřních portfoliích (po portfoliu H) zaujímá i akcie A4. Ta se vyznačuje třetí nejvyšší střední hodnotou očekávaného výnosu a druhou nejnižší hodnotou směrodatné odchylky.

Informace o očekávaném výnosu, rozptylu a směrodatné odchylce efektivních portfolií jsou zaznamenány v následující tabulce 4.3. Portfolio A (portfolio s minimálním rizikem) se vyznačuje směrodatnou odchylkou ve výši 1,211 %, ke které byl přiřazen očekávaný výnos 1,159 %. Poté se očekávané výnosy zvyšují zaokrouhleně o 0,2 % (hodnota ekvidistantního intervalu). S rostoucím očekávaným výnosem portfolia roste i riziko (směrodatná odchylka) portfolia. Portfolio s maximálním očekávaným výnosem, portfolio J, má tento výnos ve výši 1,949 % a jeho směrodatná odchylka činí 8,774 %. To odpovídá střední hodnotě očekávaného výnosu akcie A8 a jejímu riziku, jelikož celé toto

portfolio je tvořeno pouze s této akcie. Zajímavá je skutečnost, že riziko portfolio A je nižší než riziko akcie s nejnižší hodnotou směrodatné odchylky, jelikož portfolio není tvořeno jen touto jednou akcií, ale větším počtem akcií v důsledku korelace jejich výnosů. Pomocí diverzifikace rizika bylo dosaženo nižší míry rizika, ale i vyšší hodnoty očekávaného výnosu portfolio.

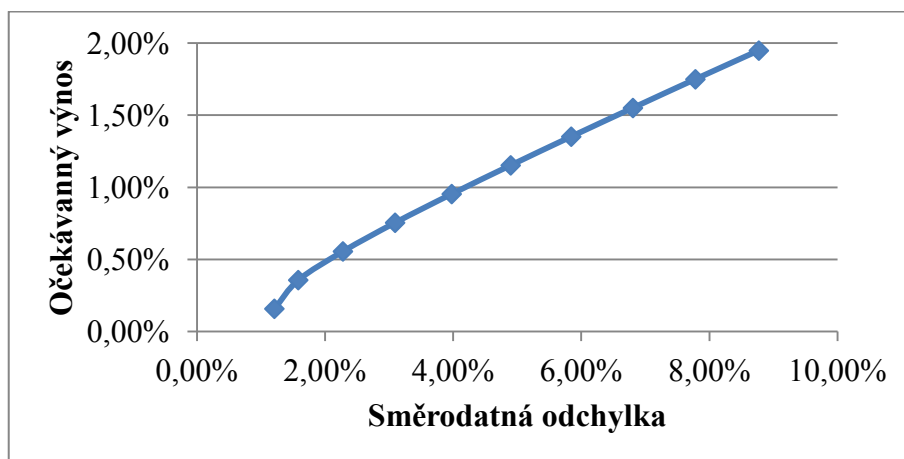
Tab. 4.3 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka efektivních portfolioí

	$E(R_P)$	σ^2_P	σ_P
A	0,159%	0,00015	1,211%
B	0,357%	0,00025	1,584%
C	0,556%	0,00052	2,282%
D	0,755%	0,00096	3,096%
E	0,954%	0,00158	3,980%
F	1,153%	0,00240	4,900%
G	1,352%	0,00342	5,846%
H	1,551%	0,00464	6,808%
I	1,750%	0,00606	7,784%
J	1,949%	0,00770	8,774%

Zdroj: vlastní výpočty

Efektivní množina těchto portfolioí je graficky zachycena pomocí směrodatné odchylky a očekávaného výnosu v grafu 4.12.

Graf 4.12 Efektivní množina



Zdroj: vlastní zpracování

Podle postoji investora k riziku by bylo z této efektivní množiny vybráno optimální portfolio. Pokud by se jednalo o investora s averzí k riziku, zvolil by nejméně rizikové portfolio A s očekávaným výnosem 0,159 % a podstupovaným rizikem na úrovni 1,211 %. Naopak investor se sklonem k riziku by zvolil investici do portfolio J, jehož očekávaný výnos je 1,949 % a výše podstupovaného rizika 8,774 %. Pokud by měl investor určitou

představu o míře rizika, které by byl ochoten podstoupit, či o očekávaném výnosu, který by požadoval, pak by si mohl zvolit jedno z vnitřních portfolií efektivní množiny.

4.3 Portfolia dle prospektové teorie

Optimální portfolia vytvořená podle prospektové teorie byla sestavena dle popisu v podkapitole 3.3.1. K řešení byl využit Microsoft Excel. V prvním kroku byla vytvořena matice r_{ij} pomocí střední hodnoty očekávaného výnosu každého aktiva a jeho směrodatné odchylky. Tato matice je obsažena v následující tabulce 4.4.

Tab. 4.4 Matice r_{ij}

	$\mu-2\sigma$	$\mu-\sigma$	μ	$\mu+\sigma$	$\mu+2\sigma$
akcie	-2	-1	0	1	2
A1	-5,48%	-2,67%	0,14%	2,95%	5,76%
A2	-7,41%	-3,76%	-0,12%	3,53%	7,17%
A3	-4,01%	-1,96%	0,10%	2,16%	4,21%
A4	-3,80%	-1,78%	0,24%	2,27%	4,29%
A5	-5,73%	-2,81%	0,10%	3,02%	5,93%
A6	-2,71%	-1,29%	0,13%	1,56%	2,98%
A7	-5,19%	-2,46%	0,27%	3,00%	5,73%
A8	-15,60%	-6,83%	1,95%	10,72%	19,50%
A9	-4,48%	-2,15%	0,18%	2,51%	4,85%
A10	-4,07%	-1,94%	0,19%	2,32%	4,45%

Zdroj: vlastní výpočty

Dále byla určena pravděpodobnost pro každý scénář dle funkce NORMSDIST, jelikož je předpokládáno normální rozdělení. Tyto pravděpodobnosti byly upraveny parametry γ a δ dle (3.23) a z nich vypočteny rozhodovací váhy (h_i) pro kladné scénáře podle (3.21) a pro záporné scénáře dle (3.22).

Tab. 4.5 Pravděpodobnost a rozhodovací váhy

			$\gamma = 1, \delta = 1$		$\gamma = 0,44, \delta = 0,77$	
	i	p_i	$f_i^+(p)=f_i^-(p)$	h_i	$f_i^+(p)=f_i^-(p)$	h_i
-	-2	2,28%	2,28%	2,28%	12,83%	12,83%
	-1	15,87%	15,87%	13,59%	26,98%	14,15%
+	0	50,00%	50,00%	34,13%	43,50%	16,52%
	1	84,13%	84,13%	34,13%	61,60%	18,10%
	2	97,72%	97,72%	13,59%	80,11%	18,51%

Zdroj: vlastní výpočty

V tabulce 4.5 jsou zaznamenány pravděpodobnosti pomocí distribuční funkce. Tyto pravděpodobnosti jsou v prvním případě ovlivněny parametry, jež v obou případech

nabývají hodnotu 1, tudíž se jedná o lineární pravděpodobnostní váhy. V druhém případě se parametr $\gamma = 0,44$ a parametr $\delta = 0,77$, a proto se jedná o nelineární pravděpodobnostní váhy. Z tabulky je zřejmé, že zvolené parametry výrazně ovlivňují rozhodovací váhy.

V dalším kroku byl pomocí (3.28) určen způsob výpočtu výnosu každého scénáře (x_i), které byly dále upraveny parametry α , β a λ dle (3.20). Tyto parametry jsou důležité, jelikož zachycují postoj investora k zisku a ztrátě. Parametr α (riziková averze k zisku) i parametr β (riziková preference ztráty) budou nabývat postupně hodnot 1, 0,5 a 0,1. Kdy hodnota 1 znamená neutrální postoj a naopak hodnota 0,1 vysokou averzi k zisku resp. vysokou preferenci ztráty. Parametr λ (stupeň averze ke ztrátě) bude nabývat hodnot 1, 3 a 5. Čím je tento parametr větší, tím je averze investora ke ztrátě větší. Výnosy jednotlivých scénářů i hodnoty hodnotové funkce jsou uvedeny v příloze č. 4.

Po stanovení všech potřebných proměnných lze přikročit k optimalizaci akciového portfolia. Účelová funkce je stanovena dle (3.25) a omezena dvěma podmínkami podle (3.26) a (3.27). Očekávaný výnos portfolia je vypočten dle (3.7), směrodatná odchylka portfolia dle (3.8) pomocí kovarianční matice vypočtené dle (3.9), jež je uvedena v příloze č. 3. Úloha 4 byla řešena pomocí Řešitele jako úloha nelineárního programování. Výsledné hodnoty účelových funkcí jsou uvedeny v příloze č. 4.

Nejprve bylo vytvořeno základní optimální portfolio, kdy všechny parametry byly rovny 1. Poté byla vždy měněna jen jedna hodnota parametru, vůči základnímu portfoliu, dle výše uvedených hodnot. Pro všechny tyto portfolia vyšel stejný výsledek, jak pro akciový podíl, tak i pro očekávaný výnos a směrodatnou odchylku portfolia. Portfolio bylo tvořeno ze 100 % akcií společnosti NorCom Information Technology (A8). Očekávaný výnos portfolia byl 1,949 % a směrodatná odchylka portfolia byla 8,774 %. Z těchto výsledků lze soudit, že pokud je změněn pouze jeden parametr a ostatní jsou neutrální (k zisku i ztrátě), pak je v modelu za těchto podmínek a parametrů preferována pouze akcie s nejvyšší střední hodnotou očekávaného výnosu, s tím se ale váže i nejvyšší podstupované riziko. Výsledná optimální portfolia se shodují s efektivním portfoliem pro maximální očekávaný výnos dle Markowitzova modelu. Investoři s neutrálním přístupem k riziku, na který nemá vliv změna jednoho parametru, chtějí dosáhnout nejvyššího možného zisku a jsou tudíž ochotni podstoupit i vyšší riziko.

Dále byla vytvářena portfolia, u kterých se pracovalo s nelineárními pravděpodobnostními váhami. Pravděpodobnost scénáře byla ovlivněna parametrem γ o hodnotě 0,44 a parametrem δ o hodnotě 0,77. Tyto hodnoty zůstaly ve všech portfoliích stejné, měnili se pouze parametry α , β a λ , jež nabývaly výše popsaných hodnot. Portfolia,

kde se tyto tři parametry rovnaly 1 nebo parametry α i β nabývaly hodnot 0,5 či 0,1 nebo vzájemnou kombinaci těchto hodnot a současně parametr λ byl ve všech případech roven 1, byly stejné. Jejich očekávaný výnos byl 1,949 %, směrodatná odchylka 8,774 % a celá byla tvořena 100 % podílem akcií společnosti NorCom Information Technology (A8). Neutrální postoj k averzi ke ztrátě spolu s různým stupněm averze k zisku či preferenci ztráty vedla k investici do nejvýnosnějšího a nejrizikovějšího aktiva.

Další skupinu portfolií tvoří portfolia, kde se parametr α rovná 1 a parametr β nabývá hodnot 0,5 nebo 0,1 a parametr λ hodnot 3 či 5. Tato portfolia měla také stejný výsledek. Očekávaný výnos těchto portfolií byl 0,133 % a směrodatná odchylka 1,423 %. V těchto portfoliích bylo ze 100 % investováno do akcií společnosti Verizon Communications (A6). Jedná se o akcii s nejnižším rizikem a čtvrtou nejnižší střední hodnotou očekávaného výnosu. S neutrální averzí k zisku spolu s kombinací určitého stupně preference ztráty a averze ke ztrátě bylo investováno do nejméně rizikového aktiva.

U portfolií, kde se parametr β rovnal 1, parametr α nabýval hodnot 0,5 i 0,1 a parametr λ hodnot 3 a 5, byly výsledky rozdílné a jsou zaznamenány v tabulce 4.6.

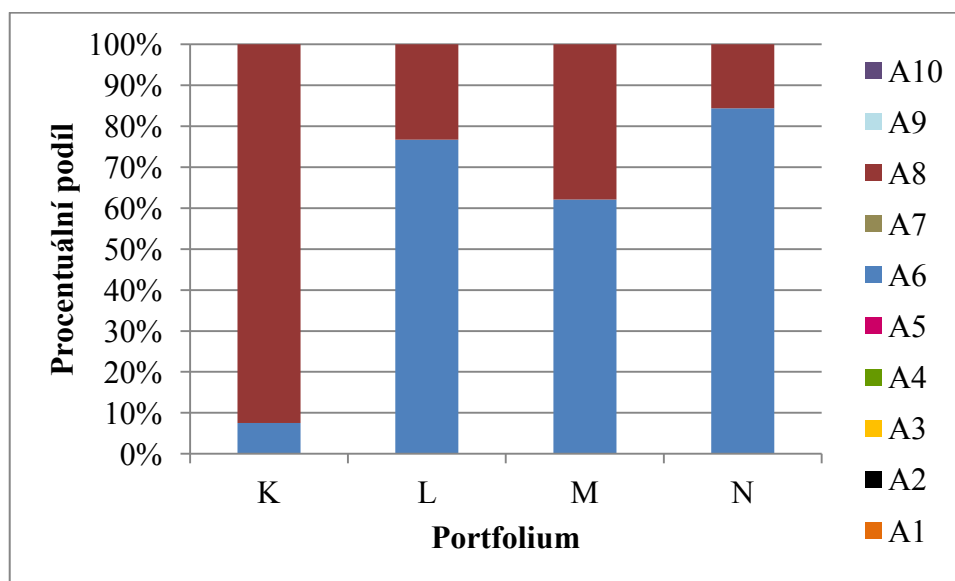
Tab. 4.6 Portfolia K, L, M, N

Portfolio	K	L	M	N
α	0,50	0,50	0,10	0,10
β	1,00	1,00	1,00	1,00
λ	3,00	5,00	3,00	5,00
γ	0,44	0,44	0,44	0,44
δ	0,77	0,77	0,77	0,77
A1	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000
A6	0,075	0,767	0,621	0,844
A7	0,000	0,000	0,000	0,000
A8	0,925	0,233	0,379	0,156
A9	0,000	0,000	0,000	0,000
A10	0,000	0,000	0,000	0,000
Σa_j	1,000	1,000	1,000	1,000
$E(R_P)$	1,812%	0,555%	0,821%	0,417%
σ_P^2	0,00662	0,00062	0,00130	0,00039
σ_P	8,134%	2,491%	3,601%	1,987%

Zdroj: vlastní výpočty

Z tabulky 4.6 lze vyčíst, že vyšších očekávaných výnosů portfolia lze dosáhnout při středním stupni averze ke ztrátě ($\lambda=3$) než při vysoké averzi. Pro portfolio K byl vypočten očekávaný výnos 1,812 % a riziko ve výši 8,134 %, vše za podmínek střední averze k zisku, stření averze ke ztrátě a neutrálním postoji k preferenci ztráty. U portfolia N byl stanoven očekávaný výnos ve výši 0,417 % s rizikem 1,987 % za předpokladu vysoké averze k zisku i ztrátě a neutrálním postoji k preferenci ztráty.

Graf 4.13 Podíly v portfoliích K, L, M, N



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.13 jsou graficky zachyceny podíly v jednotlivých portfoliích, které jsou vždy tvořeny akciemi společností NorCom Information Technology (A8) a Verizon Communications (A6). V portfoliu K převažuje z 92,5 % akcie A8 nad akcií A6 (7,5 %). V ostatních portfoliích je tomu naopak, převažuje podíl A6 nad A8, v rozmezí od 62,5 % až k 84,4 %.

Poslední skupinu portfolií tvoří portfolia, u nichž byly zároveň měněny všechny tři parametry současně. Parametr α i β nabývaly hodnot 0,5 či 0,1 a parametr λ hodnot 3 nebo 5. Vytvořena byla portfolia pro všechny možné kombinace těchto hodnot (8 portfolií). U sedmi portfolií bylo dosaženo stejných výsledků. Očekávaný výnos těchto portfolií byl 0,133 % a směrodatná odchylka ve výši 1,432%. U těchto portfolií bylo ze 100 % investováno do akcie A6. Odlišný výsledek byl vypočten u portfolia, jehož parametry α i β se rovnaly 0,1 a λ se rovnala 3. V tomto portfoliu bylo z 98,6 % investováno do akcie A6 a z 1,4 % do akcie A8. Očekávaný výnos portfolia byl 0,159 % s kalkulovaným rizikem ve výši 1,432 %.

V portfoliích dle prospektové teorie bez dalších omezujících podmínek bylo nejvíce investováno do nejrizikovější a zároveň nejvýnosnější akcie, do nejméně rizikové akcie nebo do kombinací obou akcií v závislosti na daných parametrech. Jiná aktiva nebyla v portfoliu využita.

4.3.1 Portfolia se stejným rizikem

Tyto portfolia byla tvořena stejným postupem jako v předešlém případě, jen do optimalizačního modelu byla zahrnuta třetí podmínka dle (3.29). Sestavení těchto portfolií je označováno jako Úloha 5. Třetí omezující podmínka zajišťuje, aby se směrodatná odchylka počítaného portfolia rovnala stanovené směrodatné odchylce efektivního portfolia. Tímto příkladem vzniklo nových deset optimálních portfolií označených písmeny A' až J'. Směrodatná odchylka portfolia A' je rovna směrodatné odchylce portfolia A vytvořeného dle Markowitzova modelu. Optimální portfolia v Úloze 5 byla tvořena pro investora se střední averzí k zisku ($\alpha = 0,5$), střední preferencí ztráty ($\beta = 0,5$) a střední averzí ke ztrátě ($\lambda = 3$). Podíly akcií v jednotlivých portfoliích jsou zaznamenány v tabulce 4.7.

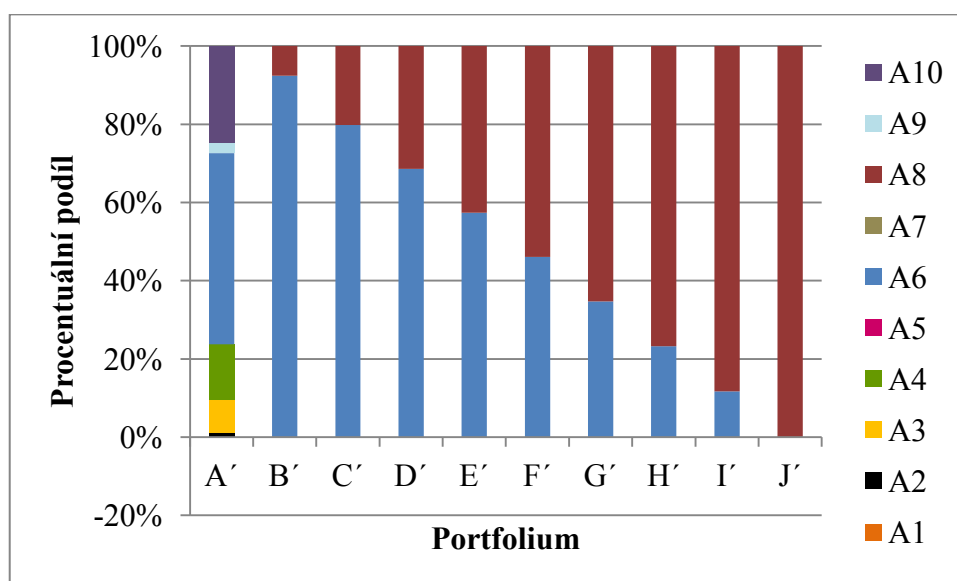
Tab. 4.7 Podíly akcií v portfoliu A' až J'

	A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'	H'	I'	J'
A1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A6	0,489	0,924	0,798	0,686	0,573	0,460	0,347	0,232	0,117	0,000
A7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A8	0,000	0,076	0,202	0,314	0,427	0,540	0,653	0,768	0,883	1,000
A9	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A10	0,246	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σa_j	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Zdroj: vlastní výpočty

Srovnáním tabulky 4.2 a tabulky 4.7 je zřejmé, že podíly v krajních portfoliích A' a J' jsou shodné s podíly v portfoliu A a J. Vnitřní portfolia B' až I' mají jiné složení než vnitřní portfolia efektivní množiny. Portfolio B' až I' je složeno pouze ze dvou akcií. Těmi jsou akcie společností Verizon Communications (A6) a NorCom Information Technology (A8). Graficky jsou změny v akciových podílech znázorněny v následujícím grafu 4.14.

Graf 4.14 Podíly akcií v portfoliu A' až J'



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.14 lze vidět, že krajní portfolio A' je složeno z 6 akcií. Vnitřní portfolia jsou tvořena dvěma aktivy. S rostoucím rizikem portfolia je snižován podíl nejméně rizikové akcie A6 a naopak roste podíl nejvíce rizikové akcie A8, a to až to takové míry, že krajní portfolio J' je celé tvořeno akcií A8. Při srovnání grafu 4.14 s grafem 4.11 je zřejmé, že krajní portfolia jsou totožná a rozdíl je ve složení vnitřních portfolií. V žádném portfoliu B' až I' se nevyskytují akcie společností Adidas (A4), Cancom (A7), GEA Group (A9) ani Lotto24 (A10), které se nacházely v některém z efektivních portfolií B až I. Největší rozdíl je v počtu akcií, které tvoří vnitřní portfolia. Portfolia B' až I' jsou vždy sestavena jen ze dvou akcií a z jejich rozdílných relativních podílů v portfoliu dle požadavku na riziko. Stejně tak je ze dvou akcií stvořeno pouze efektivní portfolio I (z akcie A7 a A8). Portfolio F až H je sestaveno ze tří akcií (A4, A7, A8). Portfolio D a E ze čtyř akcií (A4, A7, A8, A10), portfolio C z pěti akcií (A4, A6, A7, A8, A10) a portfolio B z šesti akcií (A4, A6, A7, A8, A9, A10). Akcie A6, která tvoří velkou část u optimálních portfolií, se vyskytuje jen v efektivním portfoliu A, B, C a její podíl se stoupajícím rizikem těchto portfolií prudce klesá. Naopak akcie A8 se vyskytuje ve všech portfoliích, jak efektivních tak optimálních, a její podíl je přibližně stejný, např. v portfoliu E je zastoupena 41,6 % a v portfoliu E' 42,7 %. Z toho vyplývá, že s rostoucím rizikem portfolia roste investice do nejrizikovějšího aktiva u všech vnitřních portfolií, ale zbytek portfolia je tvořeno jinými aktivy. U vnitřních portfolií B' až I' byl celý zbylý podíl vložen do akcie A6 (nejméně riziková akcie), ale u portfolií B až I bylo riziko dále diverzifikováno zapojením většího počtu akcií do portfolia.

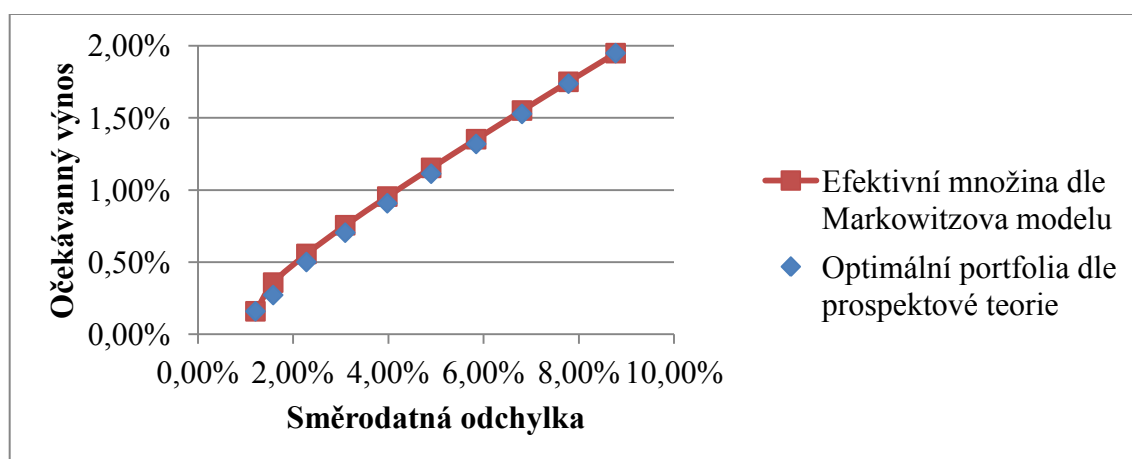
Tab. 4.8 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka v portfoliu A' až J'

	$E(R_P)$	σ_P^2	σ_P
A'	0,159%	0,00015	1,211%
B'	0,271%	0,00025	1,584%
C'	0,500%	0,00052	2,282%
D'	0,704%	0,00096	3,096%
E'	0,907%	0,00158	3,980%
F'	1,112%	0,00240	4,900%
G'	1,319%	0,00342	5,846%
H'	1,527%	0,00464	6,808%
I'	1,737%	0,00606	7,784%
J'	1,949%	0,00770	8,774%

Zdroj: vlastní výpočty

V tabulce 4.8 jsou zaznamenány hodnoty očekávaného výnosu, rozptylu a směrodatné odchylky pro optimální portfolia A' až J'. Při srovnání s tabulkou 4.3 je zřejmé, že pro dané hodnoty směrodatných odchylek byly vypočteny nižší hodnoty očekávaných výnosů portfolií, než tomu bylo u efektivní množiny. Například u portfolia E' je očekávaný výnos 0,907 % a u portfolia E byl tento výnos 0,954 %. Graficky je srovnání efektivní množiny vypočtené podle Markowitzova modelu a optimálních portfolií se stejným rizikem pro daného investora stanovených pomocí prospektové teorie znázorněno v grafu 4.15.

Graf 4.15 Srovnání efektivní množiny s optimálními portfolii A' až J'



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.15 lze vidět, že krajní optimální portfolia jsou totožná s krajními efektivními portfolii. Ve vnitřních optimálních portfoliích při dané míře rizika je dosahováno nižších očekávaných výnosů než v efektivních portfoliích. Investor se svým

rizikovým postojem k zisku a ztrátě nedosáhne na vyšší výnos při dané míře rizika. Efektivní množina přitom určuje maximální možný výnos pro konkrétní míru rizika.

4.3.2 Portfolia se stejným očekávaným výnosem

Optimální portfolia v tomto příkladu jsou tvořena stejným způsobem jako předchozí optimální portfolia dle prospektové teorie. Jedinou výjimku tvoří zařazení třetí podmínky dle (3.30). Ta stanovuje rovnost počítaného očekávaného výnosu portfolia s očekávaným výnosem portfolia z efektivní množiny. V úloze v podkapitole 4.3.1 platila podmínka dle (3.29), která v tomto případě neplatí a nebyla tudíž do modelu zahrnuta. Nově vzniklá portfolia jsou sestavena jako Úloha 6.

Stejným způsobem, jako v předchozím příkladu, je zde charakterizován postoj investora. Optimální portfolia A'' až J'' jsou tvořena pro investora se střední averzí k zisku ($\alpha = 0,5$), střední preferencí ztráty ($\beta = 0,5$) a střední averzí ke ztrátě ($\lambda = 3$). Podíly v těchto optimálních portfoliích jsou zapsány v následující tabulce 4.9.

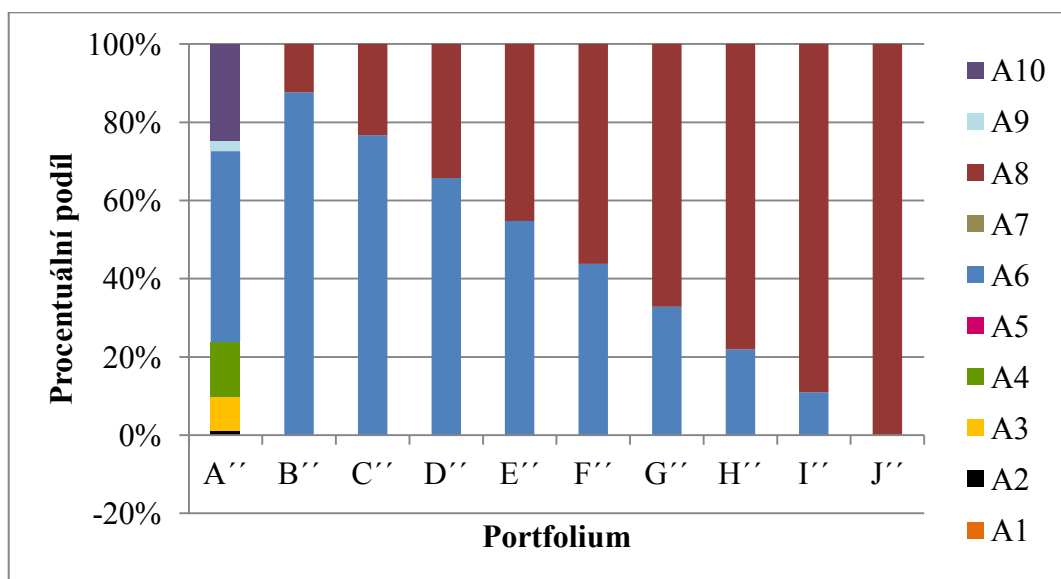
Tab. 4.9 Podíly akcií v portfoliu A'' až J''

	A''	B''	C''	D''	E''	F''	G''	H''	I''	J''
A1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A6	0,489	0,876	0,767	0,657	0,548	0,438	0,329	0,219	0,110	0,000
A7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A8	0,000	0,124	0,233	0,343	0,452	0,562	0,671	0,781	0,890	1,000
A9	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A10	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σa_j	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Zdroj: vlastní výpočty

Z tabulky 4.9 vyplývá, že portfolio A'' je složeno z šesti akcií (A2, A3, A4, A6, A9, A10) a portfolio J'' z jedné akcie A8. Při srovnání s tabulkou 4.2 bylo zjištěno, že se jedná o stejné složení portfolií, jako u portfolia A a portfolia J. Vnitřní optimální portfolia B'' až I'' jsou vždy složena pouze ze dvou akcií (A6 a A8), na rozdíl od vnitřních efektivních portfolií. Graficky jsou akciové podíly portfolií znázorněny v grafu 4.16.

Graf 4.16 Podíly akcií v portfoliu A'' až J''



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.16 je velmi podobný grafu 4.14. Také v něm s růstem rizika portfolia klesá podíl akcie A6 a naopak roste podíl akcie A8, až do té míry, že krajní portfolio J'' je celé složeno z akcie A8. Malý rozdíl je v tom, že pokles podílu akcie A6 je strmější u vnitřních portfolií B'' až I'' než u portfolií B' až I' v Úloze 5. Srovnáním grafu 4.16 a grafu 4.11 lze dojít k závěru, že provedená analýza počtu akcií ve vnitřních portfoliích v Úloze 5 se dá aplikovat také na tuto Úlohu 6, jelikož grafy znázorňující podíly v portfoliu v Úloze 5 a Úloze 6 jsou shodné, co se týče počtu akcií v portfoliu. Podíl akcie A8 v portfoliu B'' až I'' je jen o něco větší než v portfoliích B' až I' v Úloze 5, a také v portfoliích B až I v Úloze 3. Zbylý podíl je u těchto optimálních portfolií vložen do nejméně rizikové akcie A6, stejně jako u Úlohy 5, na rozdíl od efektivních portfolií, kde bylo riziko více diverzifikováno, a tudíž použit větší počet akcií v portfoliu.

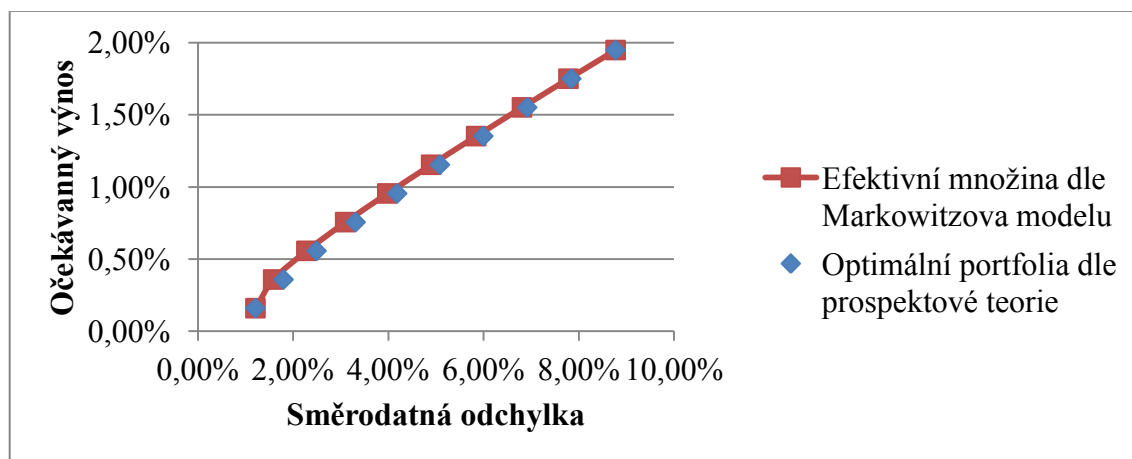
Tab. 4.10 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka v portfoliu A'' až J''

	$E(R_P)$	σ_P^2	σ_P
A''	0,159%	0,00015	1,211%
B''	0,357%	0,00032	1,802%
C''	0,556%	0,00062	2,495%
D''	0,755%	0,00110	3,315%
E''	0,954%	0,00175	4,187%
F''	1,153%	0,00259	5,085%
G''	1,352%	0,00360	5,997%
H''	1,551%	0,00479	6,918%
I''	1,750%	0,00615	7,844%
J''	1,949%	0,00770	8,774%

Zdroj: vlastní výpočty

Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka optimálních portfolií A'' až J'' jsou zaznamenány v tabulce 4.10. Při srovnání s tabulkou 4.3 bylo zjištěno, že pro stanovené hodnoty očekávaného výnosu optimálních portfolií byly vypočteny vyšší hodnoty směrodatné odchylky než pro stejné očekávané výnosy u efektivních portfolií. Například portfolio E'' se vyznačuje očekávaným výnosem 0,954 % a rizikem ve výši 4,187 %. Naproti tomu portfolio E je charakterizováno stejným očekávaným výnosem, ale jeho směrodatná odchylka je 3,980 %. Grafické srovnání efektivní množiny podle Markowitzova modelu a optimálních portfolií se stejným očekávaným výnosem dle prospektové teorie je znázorněno v grafu 4.17.

Graf 4.17 Srovnání efektivní množiny s optimálními portfolii A'' až J''



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.17 lze zjistit, že očekávaný výnos i směrodatná odchylka pro krajní portfolia jsou stejné. Pro vnitřní optimální portfolia, která mají stejné hodnoty očekávaného výnosu jako vnitřní portfolia efektivní množiny, byly vypočteny vyšší

hodnoty směrodatné odchylky než pro efektivní portfolia. Investor, pro kterého byla tato optimální portfolia vytvořena, bude při zvolení některého z vnitřních portfolií B'' až I'' podstupovat vyšší riziko pro daný očekávaný výnos. Efektivní množina totiž určuje pro stanovené očekávané výnosy portfolií minimální hodnoty rizika.

4.4 Shrnutí

Z vybraných deseti akcií byla pro každou nejprve určena střední hodnota očekávaného výnosu, rozptyl a směrodatná odchylka. Tyto údaje byly potřebné pro početní úlohy. Poté byla vytvořena efektivní množina deseti portfolií dle Markowitzova modelu. U krajního portfolia A bylo dosaženo nižšího rizika, než kdyby bylo investováno pouze do jednoho nejméně rizikového aktiva, protože portfolio bylo složeno z šesti aktiv (A2, A3, A4, A6, A9, A10), jejichž výnosy byly korelovány. S rostoucím rizikem portfolia ubýval počet akcií v portfoliu, až krajní portfolio J bylo celé vytvořeno jen z jednoho nejrizikovějšího aktiva A8. V žádném efektivním portfoliu nebylo využito aktivum A1 (akcie společnosti Porsche Automobil Holding) ani A5 (akcie společnosti Facebook).

Dále byla vytvářena optimální portfolia dle prospektové teorie (Úloha 4). U nich bylo investováno buď do akcií společnosti Verizon Communications (A6), akcií společnosti NorCom Information Technology (A8) nebo do jejich vzájemné kombinace. Vždy záleželo na hodnotách stanovených parametrů. Jiná aktiva nebyla do portfolií zahrnuta. Investováno bylo jen do nejrizikovějšího aktiva (A8) a nejméně rizikového aktiva (A6). Pokud byl v portfoliu změněn pouze jeden parametr a ostatní zůstaly na hodnotě 1, pak celé portfolio bylo tvořeno pouze akcií A8, jeho očekávaný výnos byl 1,949 % a riziko ve výši 8,774 %. Z toho vyplývá, že pokud byl změněn pouze jeden parametr a ostatní byly neutrální (k zisku i ztrátě), pak v optimalizačním modelu byla preferována pouze akcie s nejvyšší střední hodnotou očekávaného výnosu, ale také s největší mírou rizika. Výsledná optimální portfolia se shodovala s efektivním portfoliem pro maximální očekávaný výnos dle Markowitzova modelu (Úloha 2).

V Úloze 4 byla dále vytvářena jen portfolia s použitím nelineárních pravděpodobnostních vah, tzn. možná změna jen parametrů α , β a λ . Neutrální postoj k averzi ke ztrátě ($\lambda = 1$) spolu s různým stupněm averze k zisku či preferenci ztráty ($\alpha, \beta \in 0,5; 0,1$) vedl k investici do nejvýnosnějšího a nejrizikovějšího aktiva A8 (očekávaný výnos portfolia 1,949 % a směrodatná odchylka portfolia 8,774 %). S neutrální averzí k zisku ($\alpha = 1$) spolu s kombinací určitého stupně preference ztráty ($\beta \in 0,5; 0,1$) a s danou

averzí ke ztrátě ($\lambda \in 3; 5$) bylo investováno ze 100 % do nejméně rizikového aktiva A6 (očekávaný výnos portfolií 0,133 %, míra rizika portfolií 1,423 %). Pokud byla preference ztráty neutrální ($\beta = 1$) spolu s různým stupněm averze k zisku ($\alpha \in 0,5; 0,1$) a averzí ke ztrátě ($\lambda \in 3; 5$), pak byla sestavena čtyři optimální portfolia, která byla složena z různých podílů akcií A6 a A8. V portfoliu se střední averzí ke ztrátě i zisku bylo dosaženo největšího očekávaného výnosu při nejvyšší míře rizika z těchto čtyř portfolií, jelikož bylo z 92,5 % tvořeno akcií A8. Naopak v portfoliu s velkou averzí ke ztrátě i zisku byl podíl aktiva A8 pouze 15,6 % a zbylých 84,4 % bylo vloženo do aktiva A6. Ve zbylých dvou portfoliích také převažoval podíl aktiva A6 nad aktivem A8. Poslední skupina optimálních portfolií v Úloze 4 byla tvořena současnou změnou všech tří parametrů (vznik nových osmi portfolií). V případě silné averze k zisku, velké preferenci ztráty (α i $\beta \in 0,1$) a střední averze ke ztrátě ($\lambda \in 3$) bylo optimální portfolio složeno z 98,6 % z aktiva A6 a ze zbývajících 1,4 % z aktiva A8. Očekávaný výnos tohoto portfolia byl 0,159 % a riziko ve výši 1,432 %. Zbylých sedm optimálních portfolií bylo totožných, jelikož celá byla sestavena z akcie A6, jejich očekávaný výnos byl 0,133 % a směrodatná odchylka ve výši 1,432 %.

Nakonec byly přidány dvě úlohy (Úloha 5 a Úloha 6), jejichž optimalizační model, na rozdíl od Úlohy 4, obsahoval navíc jednu omezující podmínku. Optimální portfolia byla vytvářena pro investora se střední averzí k zisku, střední preferencí ztráty a střední averzí ke ztrátě. V Úloze 5 byla tvořena optimální portfolia pro předem stanovené hodnoty směrodatné odchylky z efektivní množiny. Krajní optimální portfolia byla shodná s krajními portfolii efektivní množiny. U vnitřních portfolií bylo zjištěno, že pro stanovené riziko bylo dosahováno nižšího očekávaného výnosu u optimálních portfolií než u portfolií v efektivní množině. Investor by tedy za daných podmínek dosahoval nižšího očekávaného výnosu.

Složení vnitřních portfolií se u Úlohy 5 a Úlohy 3 lišilo. Vnitřní optimální portfolia byla vždy složena jen ze dvou akcií (A6 a A8) a s růstem rizika portfolia klesal podíl aktiva A6, a naopak rostl podíl aktiva A8. Vnitřní efektivní portfolia byla složena ze dvou, tří, čtyř, pěti nebo šesti akcií. Akcie společnosti NorCom Information Technology (A8) byla zastoupena u všech vnitřních portfolií Úlohy 5 i Úlohy 3 a měla přibližně stejný podíl u obou portfolií se stejným rizikem. Zbýlý podíl akcií byl u každé úlohy zastoupen jinak. U optimálních portfolií dle prospektové teorie (Úloha 5) byl zbylý relativní podíl vždy vložen do nejméně rizikové akcie A6. U vnitřních efektivních portfolií byl zbylý podíl dále

rozložen mezi další akcie, aby bylo riziko portfolia více diverzifikováno. Čím menší bylo riziko portfolia, tím bylo portfolio složeno z více akcií.

V Úloze 6 byly vytvářeny optimální portfolia pro investora se stejným postojem k zisku a ztrátě jako v Úloze 5. Třetí omezující podmínkou bylo stanoveno, že očekávaný výnos počítaného optimálního portfolia musí být roven očekávanému výnosu portfolia z efektivní množiny. Krajní portfolia se i v tomto případě shodovala. Riziko u vnitřních optimálních portfolií bylo vyšší než riziko u vnitřních efektivních portfolií se stejným očekávaným výnosem. Investor se stanoveným postojem k riziku by podstupoval pro dané očekávané výnosy vyšší míru rizika. Složení vnitřních portfolií v Úloze 6 bylo stejné jako v Úloze 5. Portfolia byla také složena jen z akcií A6 a A8. Rozdíl byl jen v tom, že s rostoucím rizikem portfolia byl pokles podílu u akcie A6 strmější. Podíl akcie A8 byl u všech vnitřních portfolií v Úloze 6 o něco větší než v Úloze 5 a Úloze 3, jelikož se všechna vnitřní portfolia vyznačovala vyšším rizikem. Zbýlý podíl byl v Úloze 6 vždy vložen jen do nejméně rizikového aktiva A6, na rozdíl od vnitřních efektivních portfolií Úlohy 3, kde bylo použito více aktiv (kromě portfolia I).

5 Závěr

Stanoveným cílem diplomové práce bylo sestavit akciovou efektivní množinu podle Markowitzova modelu, optimální akciová portfolia podle prospektové teorie v závislosti na změnách jednotlivých parametrů a optimální portfolia pro investora s daným postojem k riziku pro předem stanovené hodnoty očekávaného výnosu i rizika a provést srovnání vytvořených portfolií dle jejich složení, očekávaného výnosu a rizika.

Druhá kapitola byla věnována teorii týkající se finančního trhu i jeho dělení a rizikům. Také v ní byl popsán dohled nad českým kapitálovým trhem a burzovní trhy v ČR, spolu s finančními instrumenty se zaměřením na akcie, které byly využity při sestavování portfolií.

Popis dvou vybraných teorií, teorie očekávaného užítku a prospektové teorie, byl proveden v kapitole třetí. Dále v ní byly uvedeny vztahy pro výpočet očekávaného výnosu a rizika pro aktiva i portfolio aktiv a optimalizační model dle Markowitze i dle prospektové teorie.

Na začátku čtvrté kapitoly bylo popsáno deset vybraných akcií, jejichž denní kurzy byly zjišťovány z Frankfurtské burzy za období od 2. listopadu 2015 do 18. března 2016. Proveden byl i výpočet jejich očekávaných výnosů a směrodatných odchylek. Akcie s největší střední hodnotou očekávaného výnosu 1,949 % byla akcie společnosti NorCom Information Technology (A8), tato akcie se vyznačovala také největší hodnotou směrodatné odchylky. Nejméně riziková byla akcie společnosti Verizon Communications (A6) s hodnotou 1,423 %, jejíž očekávaný výnos byl 0,133 % (jednalo se o čtvrtý nejnižší). Poté byly teorie a modely aplikovány na sestavení akciových portfolií.

Nejprve byla sestavena efektivní množina deseti portfolií podle Markowitzova modelu. U portfolia A (portfolio s minimálním rizikem) bylo dosaženo nižší míry rizika, než kdyby bylo celé tvořeno jen z akcie s nejnižší mírou rizika, jelikož bylo sestaveno ze šesti akcií, jejichž výnosy byly korelovány. Využity byly akcie společností RWE, Deutsche Lufthansa, Adidas, Verizon Communications, GEA Group a Lotto24. S rostoucím rizikem portfolia ubýval počet akcií v portfoliu, až portfolio J (portfolio s maximálním očekávaným výnosem) bylo celé tvořeno jen nejrizikovější akcií společnosti NorCom Information Technology. V žádném portfoliu nebyla využita akcie společnosti Porsche Automobil Holding ani společnosti Facebook.

U optimálních portfolií dle prospektové teorie (Úloha 4) bylo investováno do nejméně rizikové akcie společnosti Verizon Communications (A6), do nejvíce rizikové

akcie společnosti NorCom Information Technology (A8) nebo do jejich vzájemné kombinace podle stanovených parametrů. Jiná aktiva nebyla v těchto portfoliích použita. Pokud byly využity lineární pravděpodobnostní váhy a provedena změna jen jednoho parametru, pak byla portfolia celá tvořena pouze akcií společnosti NorCom Information Technology (A8). Očekávaný výnos těchto portfolií byl 1,949 % a riziko ve výši 8,774 %. V optimalizačním modelu byla preferována pouze akcie s nejvyšší střední hodnotou očekávaného výnosu, ale také s největší mírou rizika. Výsledná optimální portfolia se shodovala s efektivním portfoliem pro maximální očekávaný výnos dle Markowitzova modelu.

Dále byla tvořena optimální portfolia jen s použitím nelineárních pravděpodobnostních vah, tzn. možná změna jen parametrů α , β a λ . Neutrální postoj k averzi ke ztrátě spolu s různým stupněm averze k zisku či preference ztráty vedl k investici do nejvýnosnějšího a nejrizikovějšího aktiva A8. S neutrální averzí k zisku spolu s kombinací určitého stupně preference ztráty a s averzí ke ztrátě bylo investováno ze 100 % do nejméně rizikového aktiva A6 (očekávaný výnos portfolií 0,133 %, míra rizika portfolií 1,423 %). Pokud byla preference ztráty neutrální spolu s různým stupněm averze k zisku i ztrátě, pak byla sestavena čtyři optimální portfolia, která byla složena z různých podílů akcií A6 a A8. Poslední skupina optimálních portfolií byla tvořena změnou všech tří parametrů. V případě silné averze k zisku, velké preference ztráty a střední averze ke ztrátě bylo portfolio složeno z 98,6 % z aktiva A6 a ze zbývajících 1,4 % z aktiva A8 (očekávaný výnos portfolia 0,159 %, riziko portfolia 1,432 %). Zbýlá optimální portfolia byla totožná, jelikož byla celá sestavena z akcie A6.

V Úloze 5 a Úloze 6 byla vytvářena optimální portfolia pro investora se střední averzí k zisku, střední preferencí ztráty a střední averzí ke ztrátě. Tyto úlohy byly počítány stejně jako optimální portfolia dle prospektové teorie, jen omezující podmínky modelu byly rozšířeny o jednu podmínku navíc. V Úloze 5 byla sestavována optimální portfolia pro předem stanovené míry rizika z efektivní množiny. Krajní portfolia byla shodná s krajními portfolii efektivní množiny. U vnitřních portfolií bylo zjištěno, že pro stanovené riziko bylo dosahováno nižšího očekávaného výnosu u optimálních portfolií než u portfolií z efektivní množiny. Složení vnitřních portfolií bylo také jiné. V každém portfoliu byla zastoupena akcie A8 přibližně ve stejném podílu, ale zbylý podíl byl rozložen jinak. U optimálních portfolií byla celá jeho hodnota vložena do nejméně rizikové akcie A6 (všechny vnitřní portfolia byla tvořena jen ze dvou akcií). U efektivních portfolií byl podíl

dále rozdělen mezi několik akcií, od jedné do pěti. Čím méně bylo portfolio rizikové, tím se skládalo z většího počtu akcií.

V Úloze 6 byla sestavována optimální portfolia pro předem stanovené očekávané výnosy portfolií z efektivní množiny. Krajiní portfolia byla i v tomto případě shodná, lišila se jen vnitřní portfolia. Riziko u vnitřních optimálních portfolií bylo vyšší než riziko u vnitřních efektivních portfolií se stejným očekávaným výnosem. Složení portfolií v této úloze odpovídalo složení v Úloze 5. Portfolia byla sestavena z akcií A6 a A8. Rozdíl byl jen v tom, že s rostoucím rizikem portfolia byl pokles podílu u akcie A6 strmější než u Úlohy 5.

Z těchto výsledků lze vyvodit, že za daných podmínek u optimalizačního modelu dle prospektové teorie bylo portfolio sestaveno buď z nejrizikovějšího aktiva, nejméně rizikového aktiva či z jejich vzájemné kombinace. U tohoto modelu bylo riziko méně diverzifikováno, jelikož nebyl využit větší počet akcií v portfoliu, jako tomu bylo u portfolií sestavených dle Markowitzova modelu.

Seznam použité literatury

Odborné publikace

- DAMODARAN, Aswath, 2008. *Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management*. New Jersey: Wharton School Publishing. ISBN 978-0-13-199048-7
- DLOUHÝ, Martin a Petr FIALA, 2009. *Úvod do teorie her*. 2. přeprac. vyd. Praha: Oeconomica. ISBN 978-80-245-1609-7
- DLUHOŠOVÁ, Dana, 2010. *Finanční řízení a rozhodování podniku: analýza, investování, oceňování, riziko, flexibilita*. 3. vyd. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-68-2
- FABOZZI F., S. FOCARDI and P. KOLM, 2006. *Financial Modeling of the Equity Market: From CAPM to Cointegration*. Hoboken: Wiley. ISBN 0-471-69900-4
- JÍLEK, Josef, 2009a. *Akciové trhy a investování*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-2963-3
- JÍLEK, Josef, 2009b. *Finanční trhy a investování*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-1653-4
- KAHNEMAN, Daniel, 2012. *Myšlení rychlé a pomalé*. Brno: Jan Melvil. ISBN 978-80-87270-42-4
- MUSÍLEK, Petr, 2011. *Trhy cenných papírů*. 2. vyd. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-70-5
- REJNUŠ, Oldřich, 2014. *Finanční trhy*. 4. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3671-6
- SHARPE, William F a Gordon J ALEXANDER, 1994. *Investice*. 4. vyd. Přeložil Zdeněk ŠLEHOFR. Praha: Victoria Publishing. ISBN 80-85605-47-3
- SKAPA, Stanislav a Martin VÉMOLA, 2012. Teorie prospektů – alternativa k teorii očekávaného užitku? *Trendy ekonomiky a managementu*. Roč. 6, č. 10, s. 99-104. ISSN 2336-6508
- SKOŘEPA, Michal, 2007. Teorie očekávaného užitku versus kumulativní prospektová teorie: empirický pohled. *Czech Economic Review*. Praha: Karlova Univerzita, s. 180-195. ISSN 1805-9406
- ZMEŠKAL, Zdeněk a kol., 2013. *Finanční modely*. 3. vyd. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-91-0
- ZMEŠKAL, Z., M. Čulík a T. Tichý, 2013. *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů*. 4. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 978-80-248-3249-4

Elektronické dokumenty

ADIDAS GROUP, 2016. *Profile* [online]. Herzogenaurach: AdiDasGroup, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.adidas-group.com/en/group/history/>

BÖRSE FRANKFURT, 2016a. *Adidas AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/adidas-share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016b. *CANCOM SE* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/CANCOM-Share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016c. *Deutsche Lufthansa AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/Lufthansa-share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016d. *Facebook Inc.* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/facebook-share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016e. *GEA Group AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: http://en.boerse-frankfurt.de/stock/GEA_Group-Share

BÖRSE FRANKFURT, 2016f. *Lotto24 AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/Lotto24-Share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016g. *NorCom Information Technology AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: http://en.boerse-frankfurt.de/stock/NorCom_Information_Technology_1-share

BÖRSE FRANKFURT, 2016h. *Porsche Automobil Holding SE* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/Porsche-share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016i. *RWE AG* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/RWE-share>

BÖRSE FRANKFURT, 2016j. *Verizon Communications Inc.* [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Börse, [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/stock/Verizon-Share>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016a. *Členové burzy* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 19. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/Clenove-Burzy/>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016b. *Dluhopisy* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Dluhopisy>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016c. *Prime Market* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Prime-Market>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016d. *Profil společnosti* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 19. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Profil-Burzy>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016e. *Schéma trhu* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Schema-Trhu>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016f. *Standard Market* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Standard-Market>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016g. *Start* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=Start>

BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA, 2016h. *Strukturované produkty – Regulovaný trh* [online]. Praha: BCPP a. s., [cit. 20. 2. 2016]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/dokument.aspx?k=SP-Regulovany-trh>

CANCOM, 2016. *Company – About CANCOM* [online]. Munich: CANCOM, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.cancom.com/unternehmen/unternehmensfuehrung/>

COELHO, Luis Alberto Godinho, 2014. *Portfolio Selection Optimization under Cumulative Prospect Theory – a parameter sensibility analysis* [online]. Évora University: CEFAGE - UE, 2014/06, [cit. 19. 1. 2016]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiMIJfnz8DLAhUmdXIKHXnaAnoQFggzMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.cefage.uevora.pt%2Fen%2Fcontent%2Fdownload%2F4838%2F56251%2Fversion%2F1%2Ffile%2F2014_06.pdf&usg=AFQjCNFFO3M0M4sbuTbmIkcvE-X9LnuG5w&bvm=bv.116636494,d.bGs

GEA GROUP, 2016a. *Our company* [online]. Dusseldorf: GEA Group, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.gea.com/global/en/company/at-a-glance/our-company/index.jsp>

GEA GROUP, 2016b. *Welcome to the new GEA* [online]. Dusseldorf: GEA Group, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: http://www.gea.com/global/en/binaries/151112%20New%20GEA%20Flyer_Web_EN_tcm11-29001.pdf

LOTTO24, 2016. *Welcome at LOTTO24 AG* [online]. Hamburg: Lotto24, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.lotto24-ag.de/cgi-bin/show.ssp?companyName=lotto24&language=English&id=0>

LUFTHANSA GROUP, 2016. *Lufthansa Group* [online]. Frankfurt am Main: Lufthansa Group, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <https://www.lufthansagroup.com/en/company.html>

NORCOM, 2016. *History* [online]. Munich: Norcom AG, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.norcom.de/en/history>

PORSCHE SE, 2016. *History* [online]. Stuttgart: Porsche SE, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.porsche-se.com/pho/en/porschese/history/>

REUTERS, 2016. *Facebook Inc. (FB.O)* [online]. New York: Thompson Reuters, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.reuters.com/finance/stocks/companyProfile?symbol=FB.O>

RM-SYSTÉM, 2008. *Základní informace* [online]. Praha: RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů a. s., [cit. 22. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.rmsystem.cz/spolecnost/zakladni-informace>

RWE, 2016. *About RWE – Profile* [online]. Essen: RWE AG, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.rwe.com/web/cms/en/1029638/rwe/about-rwe/profile/>

VERIZON, 2016a. *Our company* [online]. Washington, DC: Verizon, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.verizon.com/about/our-company>

VERIZON, 2016b. *History and Timeline* [online]. Washington, DC: Verizon, [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.verizon.com/about/our-company/history-timeline>

ZÁKONY PRO LIDI.CZ, 2004. *Předpis č. 190/2004 Sb. Zákon o dluhopisech* [online]. AION, 2010 - 2016, [cit. 8. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-190>

ZÁKONY PRO LIDI.CZ, 2012. *Předpis č. 90/2012 Sb. Zákon o obchodních korporacích* [online]. AION, 2010 - 2016, [cit. 9. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-90>

Seznam zkratek

BCPP – Burza cenných papírů Praha

CEESEG – CEE Stock Exchange Group

CDCP – Centrální depozitář cenných papírů

ČNB – Česká národní banka

ČR – Česká republika

Kč – Česká koruna

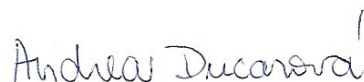
PXE – POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE, a. s.

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 22. 4. 2016



Bc. Andrea Ducarová

Seznam grafů, tabulek a vzorců

Seznam grafů

- Graf 2.1 Regulované trhy BCPP
- Graf 2.2 Mnohostranný obchodní systém BCPP
- Graf 3.1 Užitékové funkce investorů
- Graf 3.2 Přípustná a efektivní množina
- Graf 3.3 Indiferenční křivky investora
- Graf 3.4 Hodnotová funkce prospektové teorie
- Graf 3.5 Váhová funkce
- Graf 4.1 Vývoj akcie Porsche Automobil Holding SE
- Graf 4.2 Vývoj akcie RWE AG
- Graf 4.3 Vývoj akcie Deutsche Lufthansa AG
- Graf 4.4 Vývoj akcie Adidas Group
- Graf 4.5 Vývoj akcie Facebook Inc.
- Graf 4.6 Vývoj akcie Verizon Communications Inc.
- Graf 4.7 Vývoj akcie Cancom
- Graf 4.8 Vývoj akcie NorCom Information Technology AG
- Graf 4.9 Vývoj akcie GEA Group AG
- Graf 4.10 Vývoj akcie Lotto24 AG
- Graf 4.11: Podíly akcií v efektivních portfoliích
- Graf 4.12 Efektivní množina
- Graf 4.13 Podíly v portfoliích K, L, M, N
- Graf 4.14 Podíly akcií v portfoliu A' až J'
- Graf 4.15 Srovnání efektivní množiny s optimálními portfolii A' až J'
- Graf 4.16 Podíly akcií v portfoliu A'' až J''
- Graf 4.17 Srovnání efektivní množiny s optimálními portfolii A'' až J''

Seznam tabulek

- Tab. 3.1 Čtyřsložkový model
- Tab. 4.1 Střední hodnota očekávaného výnosu, rozptyl a směrodatná odchylka akcií
- Tab. 4.2 Podíly akcií v efektivních portfoliích
- Tab. 4.3 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka efektivních portfolií
- Tab. 4.4 Matice r_{ij}

Tab. 4.5 Pravděpodobnost a rozhodovací váhy

Tab. 4.6 Portfolia K, L, M, N

Tab. 4.7 Podíly akcií v portfoliu A' až J'

Tab. 4.8 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka v portfoliu A' až J'

Tab. 4.9 Podíly akcií v portfoliu A'' až J''

Tab. 4.10 Očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka v portfoliu A'' až J''

Seznam vzorců

(3.1) Distribuční funkce pro diskrétní náhodnou veličinu

(3.2) Distribuční funkce pro spojitou náhodnou veličinu

(3.3) Diskrétní výnos

(3.4) Střední hodnota očekávaného výnosu aktiva

(3.5) Rozptyl výnosu aktiva

(3.6) Směrodatná odchylka výnosu aktiva

(3.7) Očekávaný výnos portfolia

(3.8) Směrodatná odchylka portfolia

(3.9) Kovariance

(3.10) Portfoliový model

(3.11) Mean – variance model pro portfolio aktiv

(3.12) Účelová funkce pro portfolio s minimálním rizikem

(3.13) První omezující podmínka – součet relativních podílů portfolia

(3.14) Druhá omezující podmínka – nezápornost relativních podílů

(3.15) Účelová funkce pro portfolio s maximálním očekávaným výnosem

(3.16) Ekvidistantní interval

(3.17) Generované očekávané výnosy portfolia

(3.18) Účelová funkce pro minimalizaci směrodatné odchylky

(3.19) Třetí omezující podmínka – rovnost očekávaného výnosu portfolia a generovaného očekávaného výnosu

(3.20) Hodnotová funkce

(3.21) Rozhodovací váha pro kladný scénář

(3.22) Rozhodovací váha pro záporný scénář

(3.23) Pravděpodobnost váhové funkce

(3.24) Účelová funkce prospektové teorie

(3.25) Maximalizace účelové funkce dle prospektové teorie

- (3.26) První omezující podmínka – součet relativních podílů v optimálním portfoliu
- (3.27) Druhá omezující podmínka – nezápornost relativních podílů v optimálním portfoliu
- (3.28) Výnos scénáře
- (3.29) Třetí omezující podmínka – rovnost směrodatné odchylky optimálního portfolia a směrodatné odchylky efektivního portfolia
- (3.30) Čtvrtá omezující podmínka – rovnost očekávaného výnosu optimálního portfolia a očekávaného výnosu efektivního portfolia

Seznam příloh

Příloha č. 1: Kurzy akcií

Příloha č. 2: Diskrétní výnosy akcií

Příloha č. 3: Kovarianční matice

Příloha č. 4: Výnosy scénářů x_i , hodnoty hodnotové funkce $v(x_i)$ a hodnoty účelové funkce